



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Planta de compostaje Autol (La Rioja)

Autor/es

VIVIANA AMIGO BAZO

Director/es

VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN

Facultad

Facultad de Ciencia y Tecnología

Titulación

Grado en Ingeniería Agrícola

Departamento

AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN

Curso académico

2016-17



Planta de compostaje Autol (La Rioja), de VIVIANA AMIGO BAZO
(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative
Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.
Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los
titulares del copyright.



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

Facultad de Ciencia y Tecnología

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Agrícola

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Alumno:

Viviana Amigo Bazo

Tutores:

Vicente Santiago Marco Mancebón

Haga clic aquí para escribir texto.

Logroño, septiembre de 2017



Planta de compostaje en Autol (La Rioja), proyecto fin de carrera de Viviana Amigo Bazo, dirigido por Vicente Santiago Marco Mancebón (publicado por la Universidad de La Rioja), se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

- © El autor
- © Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2013
publicaciones.unirioja.es
E-mail: publicaciones@unirioja.es



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

**PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL
(LA RIOJA)**

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO

DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN

TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA

FECHA: SEPTIEMBRE 2017



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

DOCUMENTO 1: MEMORIA

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

INDICE

1.- OBJETO DEL PROYECTO	1
2.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	1
3.- OBJETIVOS	1
4.- SITUACIÓN.....	2
5.- PROCESO PRODUCTIVO.....	2
6. ESTUDIO DE MERCADO	14
7. CONTROL DE CALIDAD.....	23
8. SISTEMA DE ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS DE CONTROL CRÍTICOS	27
9. OBRA CIVIL	27
10. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO.....	31
11. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	34
12. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	36
13.INSTALACIÓN DE RIEGO	40
14.INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN.....	41
15. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	43
16. ESTUDIO ECONÓMICO.....	44
17.PRESUPUESTO	46
18. CONCLUSIÓN	46

1. INTRODUCCIÓN	1
2. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES	2
2.1. Dimensionamiento de canalones	2
2.2. Dimensionamiento de las bajantes	5
2.3. Dimensionamiento de colectores.....	7
2.4. Diseño de la red horizontal.....	8
2.4.1. Arquetas.....	19
3. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES DE PROCESO	22

3.1. Dimensionado de la balsa de lixiviados	23
4. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS LIMPIEZA	25
5. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS FECALES	27

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el diseño de una planta de compostaje en la que se gestionarán residuos procedentes del cultivo de champiñón, pollinaza y paja. El proceso que se desarrolla abarca desde la recogida de las materias primas en los puntos de generación, recepción en la planta, acondicionamiento, fermentación, maduración y distribución del producto final. Su venta se realiza a granel, hasta los puntos de consumo, que serán cooperativas agrícolas de la zona.

El proyecto se desarrolla en un marco ambiental y ecológico, teniendo como fin último la producción de un fertilizante seguro y de calidad procedente de residuos y sin riesgos para el medio ambiente.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En cumplimiento con las Normas de la Universidad de La Rioja, y de acuerdo con el Plan de Estudios de la titulación de Ingeniería Agrícola especializada en Industrias Agrarias y Alimentarias, se redacta el siguiente proyecto como requisito para superar la asignatura "Proyecto de Fin de Carrera".

3. OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es la creación de una planta para el procesado de 16.000 toneladas anuales de residuos orgánicos (11.000 toneladas de sustrato postcultivo de champiñón, 2.300 toneladas de gallinaza y 2.700 toneladas de paja).

Este proyecto responde a la necesidad de gestión de residuos orgánicos, principalmente el sustrato postcultivo de champiñón que supone un problema por su generación en La Rioja, y a las exigencias de la normativa en cuanto a cantidad de residuos generados y de materia orgánica bioestabilizada en agricultura.

Deberá conseguirse que el proyecto sea viable económicamente, es decir, que se consigan beneficios en un período de tiempo no demasiado largo. Además, el lugar de trabajo deberá ser cómodo y seguro para los operarios, dotando a la fábrica de máquinas e instalaciones seguras.

La construcción de la planta deberá cumplir las normativas urbanísticas vigentes y respetar al máximo el medio ambiente y la comodidad de las personas de la zona.

4. SITUACIÓN

La parcela donde se ubicará la planta a la que se refiere el presente proyecto se localiza en el polígono industrial TN Sector S-2, Autol (La Rioja). Dicha parcela está calificada como suelo urbanizable. En los alrededores de la parcela hay terrenos sin edificar, excepto al sur, que limita con la carretera LR-115, la que será la principal vía de comunicación con las industrias generadoras de materia prima y con los puntos de venta, junto con la carretera LR-282.

Cuenta con toda la infraestructura necesaria para el desarrollo de la actividad industrial: abastecimiento de agua, red de alcantarillado y saneamiento, suministro energético, suministro de baja tensión y redes viales de conexión. Además respeta las distancias mínimas a zonas sensibles y a núcleos urbanos, con lo que se evita la contaminación y las molestias serán mínimas.

La parcela está próxima a los puntos de abastecimiento de materias primas y de venta del compost final.

5. PROCESO PRODUCTIVO

El compostaje se define como *una serie de biotransformaciones oxidativas similares a las que ocurren en el suelo, que actúan sobre la materia orgánica mineralizando la fracción más fácilmente asimilable por los microorganismos y humificando los compuestos más difícilmente atacables.*

Los principales parámetros que se deben controlar durante la fermentación de la materia orgánica y sus valores óptimos son:

- Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato
 - a) Relación C/N. Objetivo: 35:1
 - b) Contenido en humedad. Objetivo: 60%
 - c) Tamaño de partícula. Objetivo: 12,5 mm
- Parámetros controlados durante el proceso (se controlan según las necesidades de la pila de compost).
 - a) Aireación.
 - c) Temperatura.

- Materias primas

Las materias primas que se utilizarán en la planta de compostaje y sus características se detallan a continuación:

- Residuos de la industria del champiñón

Tabla 1. Principales características del sustrato agotado del cultivo de *Agaricus bisporus* (principal especie de champiñón cultivada en La Rioja).

Característica	% Humedad	% Carbono	% Nitrógeno
Sustrato agotado de <i>Agaricus bisporus</i>	77,6	48,8	0,6

- Pollinaza.

Tabla 2. Principales características de la pollinaza.

Ingrediente	% Humedad	% Carbono	% Nitrógeno
Pollinaza	32,0	50,3	4,0

- Residuos agrícolas

Tabla 3. Principales características del sustrato agotado del cultivo de la paja.

Ingrediente	% Humedad	% Carbono	% Nitrógeno
Paja	12,0	56,0	0,7

-Proporción de mezclas

Para conseguir un compost seguro y de calidad, estas 3 materias primas tienen que ir en unas proporciones adecuadas. Mediante el método "*Compost Calculator*" se han podido calcular esas cantidades. Las toneladas y porcentajes de cada materia y los parámetros resultantes de la mezcla son los siguientes:

Tabla 4. Toneladas de cada materia prima de partida.

Ingrediente	Toneladas
Pollinaza	2.300
Sustrato agotado cultivo champiñón	11.000
Paja	2.700

Tabla 5. Parámetros resultantes de la mezcla inicial y cantidad total.

Contenido en humedad de la mezcla (%)	60,0
Relación C/N de la mezcla	35,2
Cantidad mezcla final (toneladas)	16.000

Por lo tanto, el porcentaje de cada materia prima que gestionará la planta al año será:

- ✓ Sustrato postcultivo de champiñón: 68,75% del total.
- ✓ Pollinaza: 14,37% del total.
- ✓ Paja: 16,87% del total.

-Justificación sistema de compostaje escogido

El sistema de compostaje seleccionado para la actividad en la planta es el de pilas estáticas con aireación forzada, que consiste en el apilamiento del material formando la pila de compostaje que permanecerá inalterable en un túnel de fermentación hasta que el proceso haya concluido. Los túneles tienen una configuración rectangular, cerrados y generalmente contruidos de hormigón y con unas dimensiones de unos 3 m de alto, 5-6 m de ancho y 20-30 m de largo. Constan de un sistema de aireación forzada que introduce aire por el suelo cuando la temperatura de la pila excede los valores óptimos. También disponen de sistemas de control de temperatura, humedad y oxígeno, y sistemas de riego. El tiempo de residencia suele ser de 2 semanas. Tras esto, el material se lleva a la zona de maduración, que suelen ser espacios abiertos donde el producto se mantendrá en maduración durante 2-3 meses.

-Balance de materiales

A lo largo del proceso, el material sufre una serie de cambios morfológicos y físicos, con entradas y salidas de materiales. La previsión de la evolución del volumen de la masa compostable respecto al volumen inicial a lo largo del proceso se puede apreciar en la figura 5:

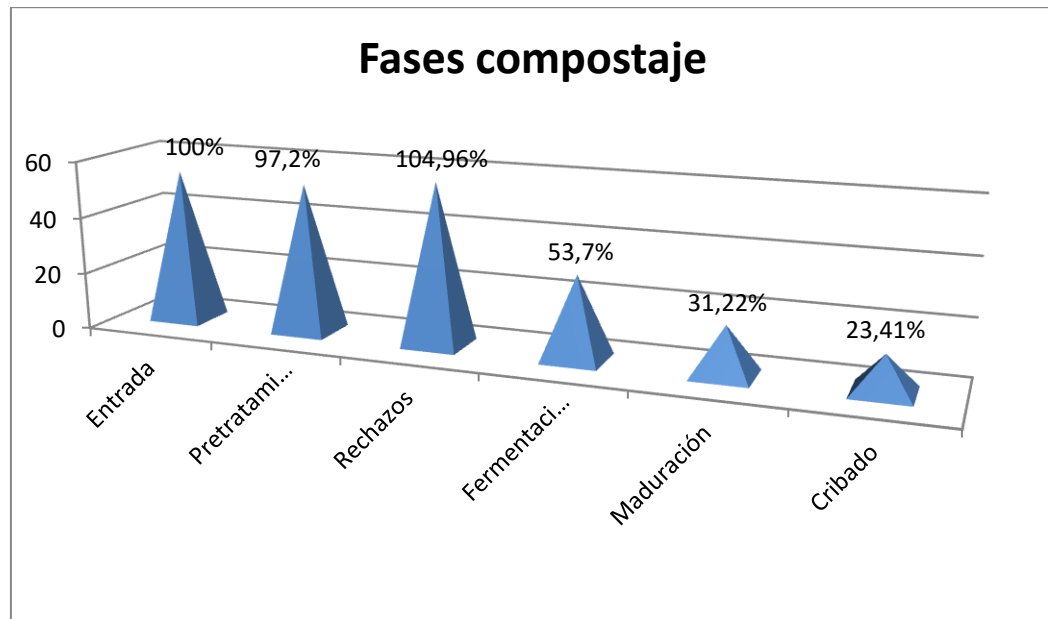


Figura 1. Evolución de la cantidad de material a lo largo del proceso de compostaje.

- Cuando los residuos llegan a la planta tiene lugar el pretratamiento de los mismos en el que se elimina un 2,7%.
- A continuación se adicionan los rechazos procedentes de la fase de cribado del compost final. Esto supone un aumento de 0,08%.
- El proceso de fermentación da lugar a una disminución de materia orgánica del 49%.
- Durante la maduración se produce una disminución de materia orgánica del 42%.
- En el cribado se eliminan los materiales de tamaño mayor de 10mm, lo que supone un 25% de la fase anterior.

-Programa productivo

Teniendo en cuenta la tasa de llenado de cada túnel, el llenado completo dura 5 días. Manteniendo un día de descanso semanal el tiempo restante se dedicará al transporte de la materia fermentada a la zona de maduración, control de los parámetros, acondicionamiento, afino del compost maduro.... Tras esta semana en la que el tiempo se repartirá entre el llenado de los túneles y otras operaciones, el compost permanecerá en los túneles de fermentación por aireación forzada 14 días. Pasados estos días, comienza el período de maduración que suele durar unas 8 semanas.

Las materias primas que se utilizan se pueden obtener todo el año, por lo que el compost también podrá ser producido durante todo el año de una manera estable.

- Dimensionado de la zona de recepción

Diariamente, llegarán a la planta unas 54 toneladas que serán descargadas en la zona de recepción. Teniendo en cuenta esto y sobredimensionando la zona de recepción para dejar un espacio adecuado para el movimiento de la maquinaria y para llevar a cabo las operaciones de acondicionamiento y unos márgenes de seguridad, se puede llegar a estimar la superficie necesaria. La zona de recepción tendrá una superficie de unos 1.500 m².

- Dimensionado de los túneles de compostaje

Las dimensiones de las pilas que se formarán serán: 21x2,5x 6m. Con ello obtenemos un volumen de pila de: 315 m³. Se supone una densidad de 0'85 t/m³. Con estos datos podemos calcular el número de días que tarda en llenarse un túnel:

$$\begin{aligned} 56,68 \text{ t/día} / 0'85 \text{ t/m}^3 &= 66,68 \text{ m}^3/\text{día} \\ 315 \text{ m}^3 / 66,68 \text{ m}^3/\text{día} &= 4,72 \text{ días} \end{aligned}$$

Por lo tanto, cada túnel se llenará al quinto día. De esta forma cada semana se fabricará un lote. Para calcular el número de túneles necesario, considerando que tardan en llenarse 5 días y que el tiempo de permanencia medio en él es de 14 días, se necesitarán 4 túneles. De esta forma, cuando el cuarto túnel comience a llenarse, el primer túnel ya habrá terminado de fermentar y podrá vaciarse, manteniendo así un intervalo de seguridad.

De la misma manera, la capacidad de los túneles se debe sobredimensionar para evitar problemas por variaciones de densidad o volumen de los residuos. Por ello, mantendremos la altura habitual de la pila en 2,5 metros, pero los cálculos constructivos de los muros que la encierran se realizarán con una altura de 3 metros.

- Dimensionado de la zona de maduración

Alrededor de 29 toneladas saldrán diariamente de los túneles de fermentación y deberán ser llevados a la zona de maduración. Allí permanecerán durante 60 días aproximadamente. Al cabo de esos días, habrán salido 1.740 toneladas de material de los túneles, lo que equivale a 2.047,06 m³ de material. Se construirán pilas con forma trapezoidal con una base de 5 metros, una cumbre de 3 metros y una altura de 2,5 metros. Si se forma una pila por semana, las toneladas de material que debe contener serán 203 toneladas, o lo que es lo mismo, 238,8 m³. Si queremos que ese volumen coincida con el volumen de la pila, su longitud deberá ser de 24 metros. Por temas de distribución del espacio en la planta y por simplicidad a la hora de maniobrar con la maquinaria, se construirán pilas de 12 metros, con lo que resultarán un número doble de pilas que contendrán 119,4 m³ de material y de cada túnel resultarán 2 pilas. Si el tiempo de maduración es de 60 días, se deberán formar 18 pilas para que, cuando se esté formando la última pila, la primera ya habrá terminado de madurar. La zona de maduración también se debe sobredimensionar para facilitar las maniobras y poder mantener las pilas más

tiempo si fuera necesario. Según esto, se obtiene una superficie final de la zona de maduración de 5.130 m².

- Dimensionado de la balsa de lixiviados

Las dimensiones de la balsa de lixiviados se calculan en función de la capacidad necesaria para albergar el agua de lluvia y los lixiviados que se producen durante el proceso de fermentación. Como resultado se ha obtenido un volumen de 6.000 m³, con unas dimensiones de:

- Largura: 15 metros.
- Anchura: 8 metros.
- Profundidad: 5 metros.

- Desarrollo del proceso productivo

- Llegada de los residuos a la planta.

Se necesitará un camión para transportar los residuos orgánicos desde los puntos de origen hasta la planta. El camión contará con un pulpo hidráulico cargador para la recogida de los residuos. Una vez llega a la planta será pesado en la báscula y, mediante basculación descargará los residuos en la zona de recepción donde comenzará el acondicionamiento de los mismos. La pendiente de la zona de recepción permitirá la evacuación hasta un sistema que conduce los lixiviados a una balsa donde se irán acumulando.

- Pretratamiento de los residuos.

Se deberá dotar a la planta de maquinaria para el pretratamiento y acondicionamiento previo de los residuos, operaciones fundamentales para un correcto proceso de compostaje. Toda la maquinaria será móvil. Mientras no se use permanecerá en un almacén próximo a la zona de descarga, que también cuenta con un pequeño taller para posibles reparaciones y mantenimiento de las máquinas. Cuando sea necesaria su utilización solo habrá que desplazarlas hasta la zona de recepción. Una vez allí, se pondrán en marcha una serie de actuaciones:

- Eliminación de materiales inertes. En cuanto la materia prima llega a la planta la primera actuación es la de eliminar cuerpos extraños que puedan interferir en el procesamiento, que son los plásticos que acompañan al sustrato postcultivo de champiñón y las cuerdas de las pacas de paja. Para retirar las bolsas de plástico se introduce el material en el tambor de un trómel. El trómel consiste en un tubo perforado giratorio que deja salir el material según el tamaño de las perforaciones del tubo. Será alimentado mediante una pala cargadora. De esta forma, la materia orgánica pasará por las rejillas mientras que las bolsas quedarán en el interior del tambor y podrán ser eliminadas fácilmente. Las cuerdas serán cortadas y eliminadas por un operario. Los plásticos serán valorados por las correspondientes empresas gestoras.

- Trituración de la materia orgánica. Como se ha indicado, el factor de la granulometría de los residuos es fundamental en el proceso de compostaje. Atendiendo a nuestras materias primas de partida, no es necesaria una potente trituración, como podría ser el caso de gruesos restos de poda de jardinería, bosques... Simplemente deberá contar con un sistema que permita desmenuzar la paja y los agregados que se hubieran podido formar. Además no interesa una trituración intensa porque la paja crea huecos en la pila por los que puede circular el aire, de forma que si esto no fuera así, el compost se compactaría demasiado y no permitiría el paso del oxígeno.

- Mezcla de los residuos. Una buena homogeneización y aireación de los materiales de partida es un factor clave para el correcto desarrollo del compostaje, especialmente en sistemas estáticos como es este caso. Para conseguir este objetivo se utiliza la máquina del punto anterior.

- Fermentación en los túneles

Una vez que el material está listo para su transformación biológica, la pala cargadora se encargará de transportarlo y llenar los túneles de fermentación. Los túneles de fermentación están formados por una galería flanqueada a ambos lados por muros de hormigón que permiten la formación de la pila.

Entre los dos túneles se dispone otra galería donde se ubican los ventiladores que inyectan el aire en la base perforada de los túneles. Cada túnel se ha dividido en dos partes, para que mientras se realiza el llenado del mismo con el residuo que se va a compostar, se pueda airear aquel material que se vaya depositando, sin que desperdicie parte del aire inyectado. El total de ventiladores de los 2 túneles es por lo tanto de 4.

En la base del túnel se dispone una estructura hormigonada (sección en doble “T” invertida) y colocada alternativamente, para apoyar sobre ella unas losas perforadas que permiten sustentar el material contenido en el silo e inyectar el aire necesario en el proceso de fermentación.

El aire llega a estas losas a través de unos canales con una pendiente del 2 %, donde los ventiladores suministran el aire. Este aire se distribuye entre los apoyos hormigonados dispuestos alternativamente para que la cantidad de aire inyectado llegue a todas las partes de la pila. La solera donde se sitúan las pilas posee una pendiente del 1 % para la recogida del lixiviado generado. Este lixiviado se descargará en el canal de suministro de aire donde aguas abajo se dispone una tubería que canaliza el lixiviado hasta una arqueta situada en el centro de la galería. Esta arqueta recoge el lixiviado de los 4 canales (1 por ventilador) y lo descarga a través de una tubería de PVC (por su facilidad de colocación, mantenimiento y por su resistencia a la corrosión) de 400 mm directamente al depósito de lixiviados.

Entre los dos edificios de fermentación se instalará un biofiltro con el objetivo de depurar el aire residual de los túneles de malos olores y elementos contaminantes antes de emitirlo a la atmósfera.

- Maduración

Una vez finalizado el proceso de fermentación, el compost se lleva a la zona de maduración donde permanecerá unos dos meses. La pala cargadora será encargada una vez más del transporte hasta la zona de maduración.

- Afino del compost maduro

Cuando el compost está maduro, hay que prepararlo para su venta al consumidor. Dos de los parámetros que determinan la calidad del compost son el tamaño de las partículas (granulometría) y la ausencia de elementos inertes. Por ello es necesario un proceso de afino que le confiera una forma esponjosa, homogénea y de granulometría apropiada para la aplicación a la que se destine. Para ello, el compost ya maduro se hace pasar por el mismo tromel usado en el acondicionamiento de los residuos, pero en este caso la fracción fina atraviesa la malla con un diámetro de agujero de 10mm (RD 506/2013, el 90% del material de un compost maduro debe pasar por un tamiz de 10mm) y sale por una cinta transportadora. La fracción gruesa con diámetro mayor sale por otra cinta y se vuelve a compostar.

- Depósito de lixiviados.

En la zona más baja de la planta se localizará una balsa de lixiviados donde, por efecto de la gravedad, se recogerán y almacenarán los lixiviados generados en la planta y las aguas pluviales.

Se debe instalar un equipo de bombeo que permita el riego del compost con el lixiviado recogido. Esta operación aportará población bacteriana inicial (en el caso de que no existiese previamente) y nutrientes adicionales que pueden ser fijados por los microorganismos presentes en las pilas en fermentación. Además, en ocasiones será necesario llevar a cabo la depuración del lixiviado para permitir su vertido a la red general de saneamiento dentro de los valores de vertidos permitidos.

El suelo de la planta estará construido de hormigón (resistente a la corrosión) y con la pendiente adecuada para conducir los lixiviados hacia la balsa de almacenamiento.

- Diagramas de flujo.

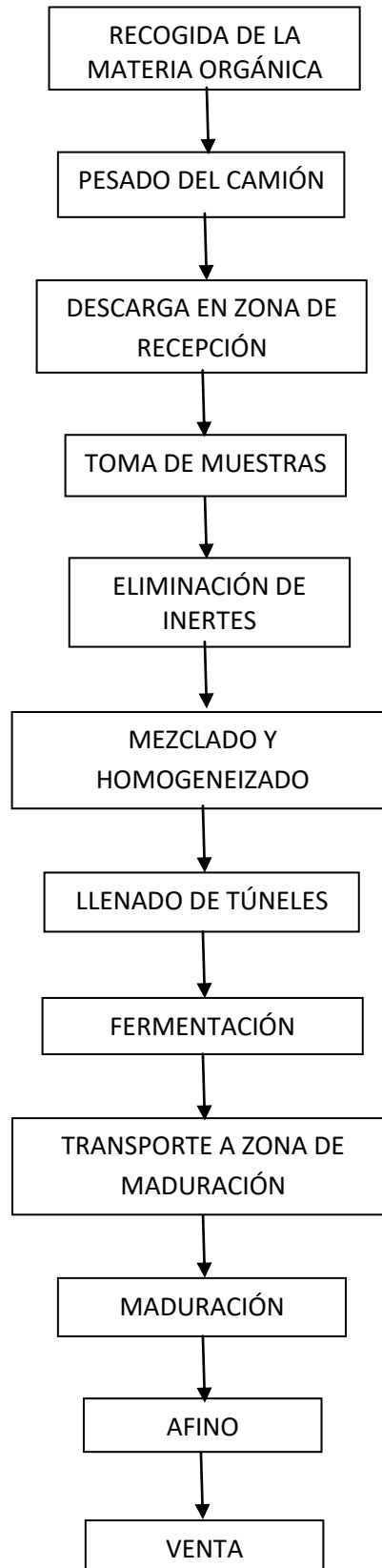


Diagrama 1. Diagrama básico de flujo para la elaboración del compost.

-Cálculo de tiempos de cada actividad

Para poder elegir las máquinas y equipos necesarios para el desarrollo de la actividad industrial se tomarán como referencia las cantidades necesarias que habrá que gestionar, transportar.... Estos datos pueden ser orientativos a la hora de tomar decisiones sobre rendimiento, capacidad y tiempo.

1.- Transporte.

Recorrido Ayecue (ida y vuelta): 30 minutos.

Maniobras de recogida y descarga de los residuos: 15 minutos.

Se redondea esa cifra a una hora.

Total: 60 minutos.

Recorrido a Avícola Rioja (ida y vuelta): 60 minutos.

Maniobras de recogida y descarga de los residuos: 15 minutos.

Suma: 75 minutos.

Se redondea esa cifra a 90 minutos.

Total: 90 minutos.

Recorrido a los puntos de recogida de la paja (ida y vuelta): 60 minutos. Como se tiene que ir a por paja dos veces al día, resulta un total de 2 horas.

Total: 120 minutos

2.- Eliminación de impropios en el trómel.

En este punto hay que tener en cuenta que solo se realiza la actividad para los residuos de la industria champiñonera, por lo que se podrá llevar a cabo mientras el camión esté recogiendo otro tipo de materia prima. Por ello, se calcula su duración a efectos de rendimiento, pero no se considerará en el cómputo de todas las horas para la obtención del tiempo final.

Llenado de la pala: 3 minutos

Tratamiento del trómel: 6,21 minutos.

Suma: 9,21 minutos. Una vez más, para ser conservadores esta cifra se redondeará a 15 minutos.

Total: 15 minutos

3.- Mezcla de los residuos.

Llenado de la pala: 10 minutos.

Tratamiento de la homogeneizadora/trituradora: 70 minutos.

Suma: 80 minutos.

Total: 80 minutos

4.- Llenado del túnel.

Recorrido pala: 20 minutos.

Tiempos de carga y descarga: 10 min

Suma: 30 minutos.

Total: 30 minutos

5.- Vaciado del túnel.

Recorrido pala: 3,9 minutos.

El valor final es de 20 minutos debido al tiempo que se invierte en formar la pila.

Total: 20 minutos

6.- Cribado.

Llenado de la pala: 3 minutos

Tratamiento del trómel: 7,44 minutos.

Suma: 10,43 minutos. Una vez más, para ser conservadores esta cifra se redondeará a 15 minutos.

Total: 15 minutos

Duración de las operaciones un día de máxima actividad

Se realizará la suma de todos los tiempos de duración de las distintas actividades que se realizan en la planta, teniendo en cuenta un día de máxima actividad, en el que coincide la ejecución de todos los procesos, sin solapamiento, a excepción del cribado inicial del residuos postcultivo de champiñón, que se llevará a cabo mientras se recoge otro tipo de materia prima con el camión.

Duración total: 415 minutos = 6 horas y 55 minutos.

Las labores de procesado en la planta tendrán una duración de unas 7 horas. Si la jornada laboral es de 8 horas al día, la hora restante se utilizará para cubrir los tiempos de descanso de los trabajadores, higiene personal y para la limpieza de equipos y máquinas.

Instalaciones y equipos necesarios

- Camión basculante de dos ejes.

Camión construido en acero para la casa IVECO Trakker AD410.T4. Peso: 16.080 Kg. Potencia de 410 CV, medidas interiores de la caja en mm: 6.500x2.300x1.250. Capacidad de caja a ras de 18 m³ y de 22 m³ colmada. Puerta trasera de una hoja con apertura automática y

giro superior. Cilindro frontal telescópico con 49 grados de ángulo de vuelco. Cuenta con pulpo hidráulico cargador para la recogida de los residuos y lona para cubrir manualmente la caja.

Precio: 37.560 euros

- Báscula puente de 60 Tn de fuerza.

Consta de una plataforma metálica empotrable de 12 x 3 metros, que incluye sistema electrónico de pesaje (antifraude), con filtro de red para evitar perturbaciones, visualizador a distancia e impresora de ticket tarada y ayudas a montaje.

Precio: 9.022 euros

- Pala cargadora.

Pala cargadora marca John Deere, modelo 6000- 4/XD.II con una potencia de 117 CV, y con una pala de capacidad 3.500 litros y un peso total de 3.880 Kg.

Precio: 19.500 euros

- Homogeneizador/triturador.

Homogeneizador/triturador modelo SAM 4 600/200-G/ME. Cuenta con dos tornillos sinfín cortadores y mezcladores de acero de alta resistencia. Sus medidas son, en mm: 7.300x2.300x2.530. La capacidad de la tolva es de 20 m³ y su peso de 7.500 Kg. Tiene una potencia de 90 kW y un rendimiento de 60 m³/h.

Toma de fuerza: 540 rpm. Ruedas: 385/65 R 22,5. Lleva incorporado un dispositivo de pesaje

Precio: 22.000 euros

- Tambor tamizador móvil para compost

Tambor tamizador de Farwick modelo Jumbo. El rendimiento máximo es de 160 m³/h. Está compuesto por un motor diésel de 4 cilindros, 60 kW refrigerado por agua. Ajustable la velocidad de alimentación y de rotación del tambor.

Precio: 125.000 euros

- Mano de obra

- Laboratorio: en el laboratorio habrá dos personas encargadas de realizar las pruebas, análisis y determinación de las mezclas pertinentes e investigación de posibles mejoras. Estará formado por un/a técnico de laboratorio y un biólogo/a.

- Oficina: compuesto por un administrativo/a. Encargado de realizar las gestiones pertinentes como podrán ser cobro de las materias primas y del producto, pago de nóminas, etc.
- Despacho y zona de control y pesaje. Habrá un ingeniero técnico agrónomo o similar para llevar el control del proceso y determinar las acciones que conlleven a una buena gestión de la empresa. Se encargará también de la comercialización del producto.
- En la zona de producción habrá cuatro operarios encargados de las tareas de transporte, acondicionamiento, tratamiento, fermentación, maduración, manejo y mantenimiento de la maquinaria, etc..

La plantilla total de la empresa está formada por 8 personas.

6. ESTUDIO DE MERCADO

-El compost el Europa

En el gráfico 1, se muestran el número de plantas de compostaje de residuos urbanos existente en los países europeos en el año 2010. Como puede apreciarse hay un grupo de países formado por Austria, Alemania, Reino Unido, Suiza e Italia, que disponen de varios cientos de plantas de compostaje para sus residuos. Entre estos cinco países se agrupan casi las tres cuartas partes de las plantas del conjunto europeo.

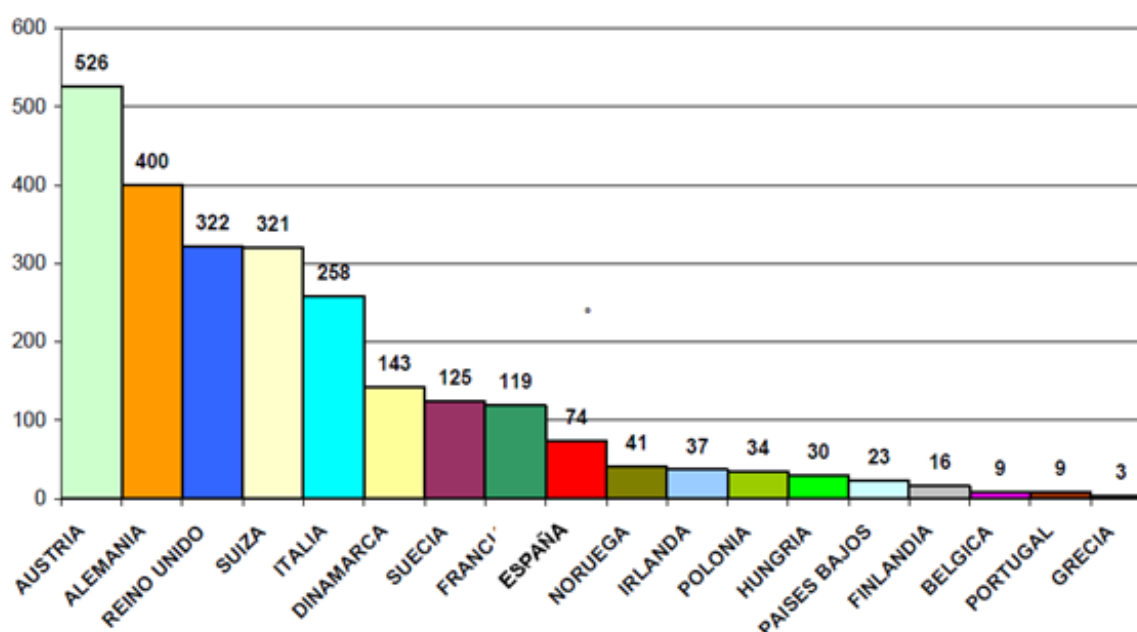


Gráfico 2. Número de plantas de compostaje presentes en los principales países productores de compost

En cuanto a la cantidad de compost producido, Alemania destaca por su elevada producción con casi la mitad del total. Si se suma a esa producción las de Reino Unido, Austria, Italia, Holanda y España se obtiene un 88% del total generado (Gráfico 2).

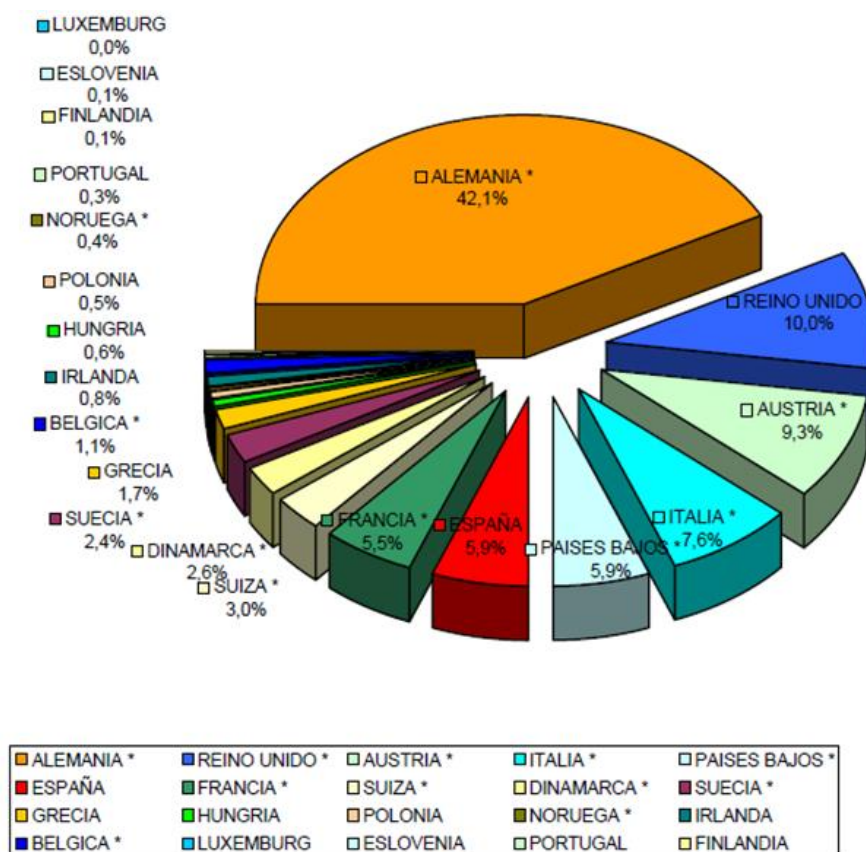


Gráfico 3. Cantidad de compost producido en los principales países productores.

Desde el punto de vista legislativo, y al contrario de lo que pasa con los abonos inorgánicos (Reglamento (CE) 2003/2003, relativo a los abonos en Europa), la estandarización de los abonos orgánicos, mezclas, enmiendas, sustratos... resulta compleja. No existe una normativa europea donde estén contemplados estos productos, así que cada país regula (en el caso de que tenga legislación al respecto) su mercado, siendo normalmente utilizados parámetros tales como la presencia de patógenos, contenidos máximos permitidos de metales pesados o el contenido en materiales inertes como criterio para catalogarlos, y no precisamente sus propiedades agroquímicas.

Esta situación da lugar a diferentes formas de determinar la calidad de un compost, la cual puede basarse en diferentes parámetros:

- A la entrada del proceso.
- Ligadas al proceso de compostaje (para intentar asegurar un control de calidad de la instalación de compostaje, incluyendo las fases de tratamiento y/o la tecnología utilizada)
- Al final del proceso – relativas a los productos finales. Estas normas fijan los umbrales límite para los elementos potencialmente tóxicos o definen las características agronómicas del compost.
- Relativas a la calidad de los suelos.

Como es lógico, debido a la aplicación de los distintos tipos de reglamentaciones, las características de los productos finales terminan generando “tipos” de calidad para el compost. En todos los casos, los umbrales límite deben al menos permitir definir claramente cuándo el compost se convierte en un producto, y llegar a una clasificación lo más simple posible.

En la tabla siguiente se muestran los tipos de compost presentes en algunos países y los fundamentos que siguen para su clasificación y restricciones de uso.

Tabla 6. Tipos de compost en algunos países europeos.

País	Nº de clases	Principio de clasificación	Descripción
Alemania	2	Umbrales límite con concentración de metales pesados	-Orden biorresiduos (I) -Orden biorresiduos (II)
Austria	3	Umbrales límite con concentración de metales pesados	-Clase A+ (agricultura ecológica) -Clase A (agricultura, jardinería doméstica) -Clase B (usos no agrícolas) -Clase C (paisajismo, rehabilitación)
Bélgica (Flandes)	3	Materias primas	-Biocompost procedente de residuos biodegradables separados en origen -Humotex digestato compostado -Compost verde procedente de residuos de jardinería separados en origen
España	3	Umbrales límite con concentración de metales pesados	-Clase A (sin restricciones de dosificación) -Clase B -Clase C (< 5 t/año usos agrícolas)
Países Bajos (Holanda)	2	Umbrales límite con concentración de metales pesados	-Compost -Compost 1ª calidad
Noruega	4	Umbrales límite con concentración de metales pesados	-Clase 0 (sin restricciones de dosificación) -Clase I uso en agricultura y áreas verdes 40 t/ ha -Clase II uso en agricultura y áreas verdes 20 t / ha -Clase III uso en áreas verdes 5 cm/ 10a
Reino Unido	4	Destino final	-Mejorador de suelo -Acolchado -Sustrato de cultivo -Mantenimiento de la cubierta vegetal

Otro punto importante que es importante destacar es el destino al que vaya el compost, ya que vendrá determinado por su calidad.

La mayor parte del compost generado en Europa, algo más de la mitad, se destina a la agricultura (Gráfico 3). El siguiente ámbito de utilización más frecuente es el grupo de la jardinería, el paisajismo y su uso como sustrato. Entre estas tres absorben casi la tercera parte del total de compost comercializado. El resto de destinos apenas sobrepasa el 12 % del total (sellado de vertederos, mantenimiento y restauración de suelos, forestal y otros).

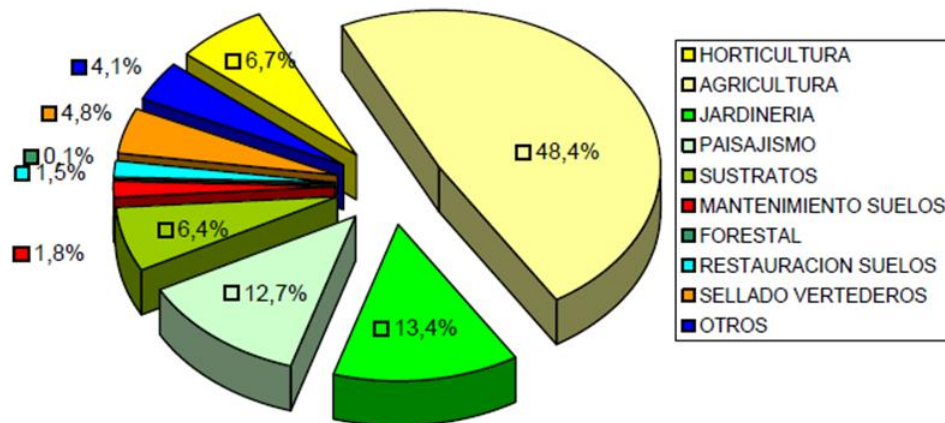


Gráfico 4. Destino del compost en Europa.

En el gráfico de destino del compost por países, se observa como en Portugal casi la totalidad se destina al conjunto de la agricultura y horticultura, seguido en este aspecto por España y por los Países Bajos. Por el contrario en Suecia, Flandes en Bélgica, Noruega y Dinamarca se observa como el uso de jardinería, paisajismo y sustratos es el más relevante. Destacar el caso de Finlandia y Suecia con un uso bastante extenso en paisajismo. Italia, Suiza, Reino Unido, Irlanda y Alemania son países que muestran una distribución más repartida entre todas las alternativas de utilización.

-El compost en España

En España, los abonos orgánicos, enmiendas, sustratos, mezclas..., quedan contemplados en el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio sobre productos fertilizantes. En él se establecen tres clases de calidad del compost según su contenido en metales pesados.

En cuanto a sus orígenes, en España podemos encontrar diversidad de fuentes generadoras de compost

- Compost de residuos sólidos urbanos

En España, la recogida separada en origen es una práctica que, aunque todavía no sea mayoritaria, está creciendo y muchas CCAA tienen en marcha plantas de compostaje con programas de recogida separada en origen.

Se han estudiado 75 plantas diferenciando el tipo de materia prima utilizada y se vio como el 53% trata una materia prima de tipo convencional procedente de una recogida en la que

no se separa independientemente la materia orgánica en origen, un 39% transforman un material procedente de una recogida selectiva en origen de la materia orgánica y el 8% restante trata una combinación de las dos anteriores.

Otra clasificación que se puede hacer de las plantas de compostaje a nivel nacional es en función del tipo de tecnología que utilizan (Gráfico 5).

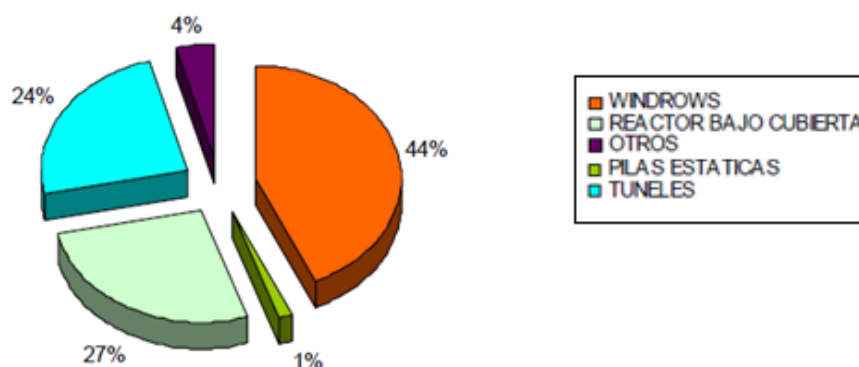


Gráfico 5. Tecnología utilizada en las plantas de compostaje en España.

El sistema con mayor predominio es el sistema abierto en pilas dinámicas volteadas o “windrows”, seguido del sistema cerrado bajo cubierta con compostaje en reactor o trinchera tras el que se sitúa el de túneles. El menos utilizado es el de pilas estáticas con ventilación forzada y al aire libre.

En cuanto a la producción de compost a partir de RSU, las Comunidades Autónomas que destacan por su producción de compost de residuos urbanos son Valencia, Andalucía, Madrid y Galicia por las cantidades producidas. Entre las dos primeras se genera casi la mitad del total (Gráfico 6).

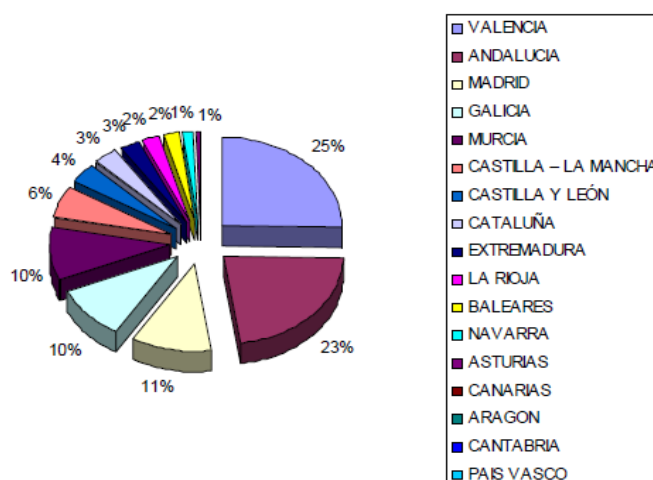


Gráfico 6. Cantidad de compost producido en España por Comunidades Autónomas.

- Compost a partir de lodos tratados de depuradoras urbanas

Los lodos obtenidos en las Edar pueden ser tratados y sometidos a compostaje, para lo cual se combinarán previamente con otros residuos vegetales que proporcionen un mayor grado de consistencia. En la situación actual, todavía es muy escaso el volumen de lodos tratados que son materia prima para compost.

- Mezclas: compost de residuos agrícolas, ganaderos, forestales, agroindustriales y lodos.

En la elaboración de este tipo de compost en España lo más frecuente es encontrar mezclas de residuos ganaderos y agrícolas, siendo los lodos de Edar los menos frecuentes.

En muchas ocasiones no se trata de suministros estables pudiendo darse, en función de los costes de cada materia prima o de su posibilidad de adquisición, compost o enmiendas que cambian de formulación. Sus productos tienen amplia gama de calidades, composiciones, precios y tipos de aplicación.

Es importante señalar que en algunos casos se trata de un compostaje completo que da lugar a un producto estabilizado, exento de patógenos y sin malos olores. En otros casos, la fermentación y maduración del compost no son completos.

Así, existe en el mercado una gran variabilidad de productos que además no se ajustan a ninguna terminología tipificada, por lo que los conceptos de “compost”, “enmienda”, “abono orgánico”, “recebo” o “sustrato” son utilizados indistintamente, llevando a confusión a los usuarios.

A esto hay que añadir que con frecuencia el producto final carece de información concreta sobre los materiales empleados (es decir, los diferentes residuos y otros ingredientes), siendo su referencia muy inconcreta (p.ej. “residuos agrícolas”, “restos ganaderos”). Un vez más se produce una falta de tipificación de los productos lo cual provoca confusión sobre calidades y controles, los precios son difícilmente comparables y existe una gran dispersión.

Si se considera la demanda actual de los usuarios de compost, el gráfico 7 muestra como más de las dos terceras partes se usa en agricultura, siendo las siguientes utilizaciones más frecuentes el sellado de vertederos, la jardinería y paisajismo, las obras públicas, el viverismo, uso forestal y finalmente otros usos innovadores.

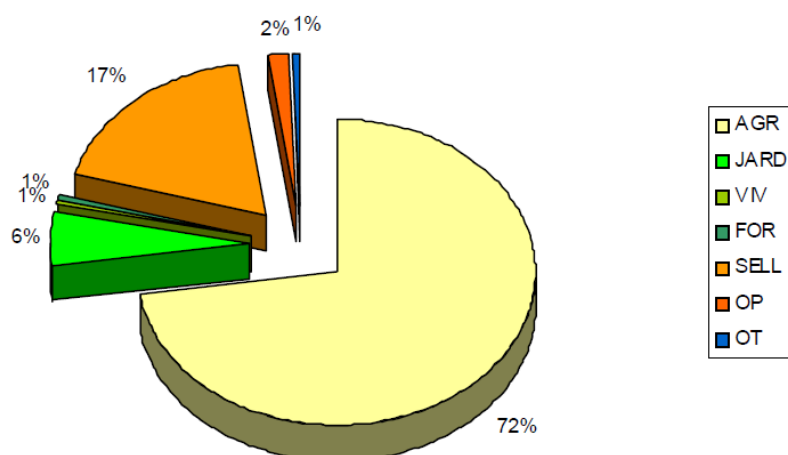


Gráfico 7. Diferentes usos del compost en España.

Finalmente, es importante destacar la baja relación que se da entre los componentes del binomio calidad/precio del compost en España (Gráfico 8)

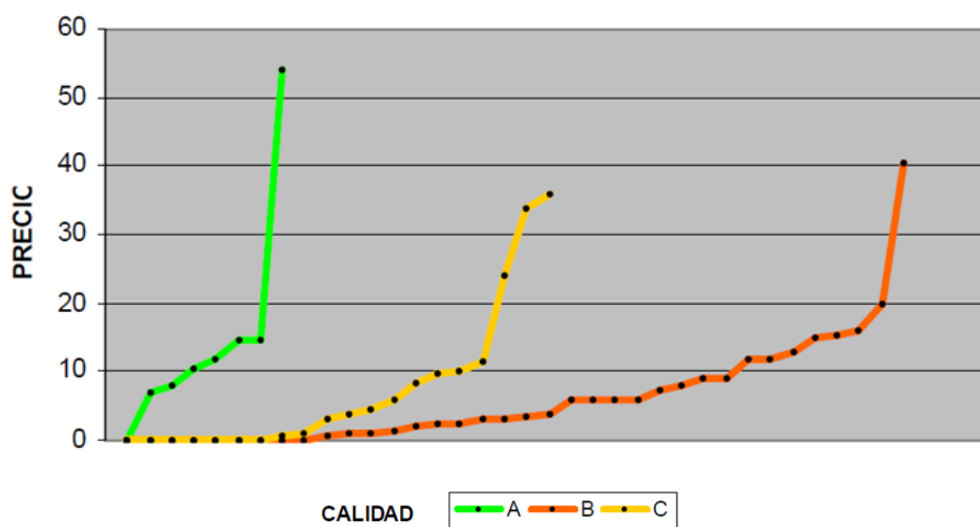


Gráfico 8. Relación entre la calidad y el precio del compost en España.

Como se puede apreciar en el gráfico anterior se detecta una escasa diferencia en un buen número de compost de calidad A, B y C en cuanto a rangos de precios lo que conlleva una situación de mercado poco clara. Esto parece sustentar la hipótesis de la actual existencia de un cierto nivel de desconocimiento por parte de los productores y de los potenciales usuarios de cómo debería ser el compost. En principio todo parece indicar que la demanda es poco exigente en la calidad de estos productos.

-Demanda potencial y desequilibrios oferta-demanda

Para poder estudiar la potencialidad de la puesta en marcha de la planta de compostaje se van a evaluar los datos de la oferta y la demanda de compost en un período de tiempo de entre 2 y 5 años, pero que pueden servir de referencia incluso hasta 10 años.

En la siguiente tabla se hace una comparativa entre los datos de demanda de compost y la oferta prevista para el período de tiempo considerado.

Tabla 7. Balance entre la oferta y la demanda de compost a medio-largo plazo por Comunidades Autónomas (Junta de Andalucía).

COMUNIDAD	OFERTA MILES T	DEMANDA MILES T	BALANCE MILES T
Andalucía	786	2.158	-1.372
Aragón	264	336	-72
Asturias	76	25	51
Baleares	46	83	-37
Canarias	78	159	-81
Cantabria	50	12	38
Castilla La Mancha	268	1.124	-856
Castilla y León	284	352	-68
Cataluña	429	836	-407
C. Valenciana	223	729	-506
Extremadura	142	473	-331
Galicia	233	112	121
Madrid	290	492	-202
Murcia	94	244	-150
Navarra	57	72	-15
País Vasco	112	61	51
La Rioja	42	72	-30
Ceuta y Melilla	3	-	3
TOTAL	3.477	7.340	3.863

En los datos de la tabla anterior se observa que, en un plazo medio-largo de tiempo, la demanda de compost en España será mayor que la oferta. Analizando los datos de las distintas Comunidades Autónomas se observa que sitios como Asturias, Cantabria, Galicia y País Vasco tienen potencial exceso de producción. En este caso, el compost o sus productos podrían ser enviados a otras comunidades deficitarias. En cambio, sitios como Andalucía o Castilla-La Mancha sobresalen en cuanto al déficit de oferta. En estos casos, la comunidad tendrá que importar compost o residuos compostables de otras comunidades.

La Rioja se encuentra dentro de este bloque de Comunidades Autónomas en el que el balance oferta-demanda es negativo (la oferta es mayor que la demanda), por lo que el esfuerzo productivo y comercial que habrá que hacer para promocionar la venta de compost será menor. De las 42 miles de toneladas potenciales de compost que se pueden producir en La Rioja, se estima que 32 miles de toneladas (materia seca) corresponden a restos hortícolas y de la

industria agroalimentaria entre otros, mientras que la parte que procede de estiércoles diferentes a los purines se corresponde con 27 miles de toneladas (materia seca) de las 42 totales (Junta de Andalucía).

- Potencial de la comunidad autónoma de La Rioja

Los principales factores que podría ayudar a establecer una planta de compostaje en La Rioja de forma exitosa son:

- Planta de tamaño pequeño, menos de 10.000 T de residuos o mediana, hasta 40.000 T.
- Por su tamaño y, por consiguiente, nivel de inversión, son asequibles para promotores locales y para asociaciones de agricultores que vean rentable elaborar su propio compost y aplicarlo a sus cultivos.
- Ámbito de mercado local o comarcal.
- Responden a una demanda agrícola que pueda promocionarse a corto plazo.
- Se abastece de residuos existentes a distancias razonables.
- Demanda agrícola próxima, con una minimización de gastos de transporte y una organización comercial poco costosa.
- Necesidades: escasez de materia orgánica en los suelos.
- Búsqueda de promotores interesados en el sector de abonos, de asociaciones de agricultores e incluso alguna agroindustria.
- Situación en áreas de baja densidad de población, donde hay menos diversificación del mercado existente, comparado con grandes ciudades. Así el esfuerzo de ventas que se debe hacer es menor.

Aplicando estos factores del mercado del compost a la Comunidad Autónoma de La Rioja y teniendo en cuenta el potencial del sector agrícola de regadío y el viñedo, ganadero y agroindustrial de la zona, es viable la puesta en marcha de una planta de compostaje que utilice de forma estable, restos vegetales, purines y estiércoles y cuyo destino sea su uso como enmienda orgánica en suelos agrícolas. El producto se destinará a la agricultura y se venderá a granel, acompañado de un documento que informará sobre las materias primas de origen, procedimiento llevado a cabo, controles de calidad, recomendaciones de utilización, mejoras en el cultivo, información de contacto, etc.

El compost que se comercializará será de tipo B, por su origen y características.

A la hora de decidir el precio hay que valorar varios factores como los objetivos de la planta, el mercado en el que se encuentra, el área de influencia, En este caso interesa ganarse un mercado de calidad estable antes que un gran mercado poco exigente; en este último caso no será seguro y dificultará una buena reutilización de los residuos orgánicos a través del suelo.

Por lo expuesto anteriormente, se comenzará el proyecto estimando un precio fundamentado en criterios propios y en datos recogidos de precio de venta de compost de diferentes empresas similares. Ese precio será de 125 € la tonelada de producto.

7. CONTROL DE CALIDAD

La suma de las distintas propiedades y características del producto determinará la calidad de un compost determinado. En rasgos generales se puede hablar de calidad química, física y biológica

- Parámetros químicos del proceso de fermentación que hay que tener en cuenta para obtener un producto de calidad

Relación Carbono/Nitrógeno

Para la mayoría de las mezclas de residuos orgánicos, una proporción de C/N de aproximadamente 30 a 1 en peso permitirá que el proceso de fermentación se desarrolle de una manera equilibrada.

A medida que el proceso de fermentación se desarrolla la relación de C/N disminuye hasta 10-15:1, valor que se alcanza en el momento que cesa la descomposición.

Cantidad de oxígeno

Aunque en la atmósfera existe un 21% de O₂, las poblaciones de microorganismos aeróbicos pueden sobrevivir con menos del 5%. Se consideran óptimos para el proceso de compostaje los porcentajes superiores al 10%.

Nutrientes

Para el metabolismo microbiano son esenciales unas cantidades mínimas de fósforo, potasio, calcio, hierro, boro, etc.

Normalmente, estos nutrientes no son limitantes ya que están presentes en amplias concentraciones en los residuos orgánicos que se emplean para la producción de compost.

Niveles de pH

Los niveles óptimos de pH para los microorganismos degradadores se encuentran entre 5,5 y 8,5. En las primeras fases del proceso, las bacterias y los hongos digieren la materia orgánica, con la consiguiente producción de ácidos orgánicos que hacen descender los niveles de pH.

- Parámetros físicos del proceso de fermentación que hay que tener en cuenta para obtener un producto de calidad

Temperatura

Para asegurar la destrucción de los organismos patógenos, la EPA (Environmental Protection Agency, EEUU) aconseja mantener una temperatura de 40 °C durante 5 días, con picos de temperatura que excedan los 55 °C durante al menos 4 horas.

Granulometría

En cuanto al tamaño de partícula del producto final, el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, indica que: *"el 90 por ciento del producto fertilizante, deberá pasar por una malla de 10 mm"*.

Aireación

En la primera etapa de la fermentación, la concentración de oxígeno en los poros de la pila es de un 15 a un 20% (similar a la concentración del aire). Según avanza la actividad biológica, la concentración de oxígeno disminuye y la concentración de CO₂ aumenta. Si la concentración de oxígeno desciende por debajo del 5%, se generarán zonas con fermentación anaerobia con los consiguientes problemas de olores y pérdidas de nitrógeno.

Humedad

Cuando se plantea una mezcla de residuos para el compostaje se considera óptima una humedad inicial correspondiente al límite superior de humedad (60%), debido a que durante el proceso de fermentación de compost el calor producido por la actividad bacteriana secará el compost.

En el presente proyecto se ha diseñado una instalación de riego para la aportación de agua durante el proceso. El sistema de riego proyectado humedecerá las pilas con los lixiviados recogidos por las tuberías de aireación.

Tamaño y forma de la pila

La pila de compost debe tener el suficiente tamaño para evitar una rápida disipación del calor y humedad pero debe ser lo suficientemente pequeña para permitir una correcta circulación de aire. Las dimensiones de una pila en sistemas cerrados y estáticos con ventilaciones forzada suelen ser: 2,5-3 m de alto, 5-6 m de ancho y 20-30 m de largo.

- Parámetros biológicos del proceso de fermentación que hay que tener en cuenta para obtener un producto de calidad

Los microorganismos que actúan en el compostaje son principalmente bacterias, hongos y actinomicetos, los cuales establecen una sucesión de actuaciones complementarias ligadas a la variación de las condiciones ambientales que va creando la evolución del propio proceso, es decir, que cuando una población comienza a disminuir o desaparecer, otras comienzan a desarrollarse. Cada microorganismo tiene una temperatura óptima para desarrollar su actividad.

- Parámetros de madurez del compost

La legislación vigente en España, el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, regula el compost para asegurar su calidad y mejorar su aceptación.

Con aplicación general, los productos fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos, deben cumplir los siguientes criterios:

- Porcentaje de nitrógeno orgánico. El contenido en nitrógeno orgánico, deberá ser al menos un 85 por ciento del nitrógeno total.
- Granulometría. El 90 por ciento del producto fertilizante, deberá pasar por una malla de 10 mm.
- Límite máximo de microorganismos. En los productos fertilizantes de origen orgánico, se acreditará que no superan los siguientes niveles máximos de microorganismos:

Salmonella: Ausente en 25 g de producto elaborado.

Escherichia coli: < 1000 número más probable (NMP) por gramo de producto elaborado.

- Límite máximo de metales pesados. Los productos fertilizantes elaborados con materias primas de origen animal o vegetal no podrán superar el contenido de metales pesados indicado en el cuadro siguiente, según sea su clase A, B o C:

Tabla 8. Límite máximo de metales pesados permitido para cada clase de compost (RD 506/2013)

Metal pesado	Límites de concentración		
	Sólidos: mg/kg de materia seca		
	Líquidos: mg/kg		
	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0,7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1.000
Mercurio	0,4	1,5	2,5
Cromo (total)	70	250	300

Clase A: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de los valores de la columna A.

Clase B: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de los valores de la columna B.

Clase C: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de los valores de la columna C.

-Pruebas bioquímicas

Para llevar un control de la evolución de los diferentes parámetros físico-químicos de los residuos es preciso realizar ensayos de forma regular. En el presente proyecto se realizarán análisis a todas las partidas que lleguen a la planta y además, se hará un seguimiento y posterior registro de todos los factores determinantes en el proceso de fermentación y de maduración del producto. Esos análisis serán los siguientes:

Prueba de humedad (agua)

Prueba de sólidos volátiles y ceniza

Prueba de lípidos, extracción con éter

Prueba de líquidos.

Prueba del carbono.

Prueba del amoníaco (orgánico y amoniacal).

Prueba de las proteínas.

Prueba de la relación carbono/nitrógeno.

Prueba del fósforo (fosfatos).

Prueba del potasio.

Prueba de hidrógeno y carbono.

8. SISTEMA DE ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS DE CONTROL CRÍTICOS

Como herramienta de evaluación del proceso productivo diseñado, se ha seleccionado un mecanismo de identificación de riesgos comúnmente utilizado en la industria alimentaria, el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC).

El Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, que regula los fertilizantes orgánicos en España, no hace ningún inciso sobre la utilización de esta metodología en la elaboración de compost, si bien el Reglamento (CE) no. 1069/2009 del Parlamento Europeo, de 21 de octubre de 2009, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano, indica que las actividades de transformación de subproductos animales en compost “*establecerán, aplicarán y mantendrán uno o varios procedimientos permanentes escritos sobre la base de los principios del análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC)*”.

Según esto, para el presente proyecto en el que se realiza la labor del compostaje, se ha decidido aplicar un sistema APPCC adaptado a la actividad, ya que no se trata de la obtención de un producto alimenticio inocuo para la salud del consumidor, sino más bien, se deben identificar, valorar y evitar los peligros que pueden afectar a la calidad del producto y perjudicar a la salud de los trabajadores y al medio ambiente, a fin de poder aplicar las medidas apropiadas para eliminar estos peligros o disminuirlos hasta niveles aceptables.

9. OBRA CIVIL

- Movimiento de tierras

El terreno no presenta grandes irregularidades, por lo que no hay grandes movimientos de tierra. Basta con un desbroce y limpieza de terreno, por medios mecánicos.

Posteriormente se realizan las excavaciones para la cimentación.

En cuanto a las edificaciones, desde el punto de vista estructural, en la planta de compostaje habrá edificio de dos tipos:

- Edificio de usos múltiples

Sus características y dimensiones geométricas son las siguientes:

- Pórtico a 2 aguas.

- Luz: 15 metros.
- Largo: 15 metros.
- Altura a cabeza de pilar: 3 metros.
- Altura a cumbrera: 5 metros.

En la cubierta se dispondrán una serie de correas que recorren la nave longitudinalmente. Las correas se modelizan como vigas apoyadas sobre los pórticos de cubierta. Serán de 3 vanos.

Se dispondrán 7 correas en cada faldón, 14 en total en toda la cubierta. Dejando una separación de 0,28 metros entre la primera correa y la cabeza de pilar y entre la última correa y la cumbrera, la distancia entre las correas será de 1,2 metros.

Las uniones entre las barras, o nudos, serán rígidas, por lo que todos los esfuerzos se transmitirán de una barra a otra. Los apoyos con el terreno serán biempotrados, por lo que finalmente la estructura transmitirá esos esfuerzos a la cimentación.

La normativa considerada para el diseño de la estructura es:

- EHE-08 para el hormigón.
- CTE DB SE-A para perfiles de acero laminado.
- CTE DB SE-AE sobre acciones en la edificación.

El acero utilizado es acero S275 JR. Su límite elástico es de 275 N/mm^2 .

- Cimentación

El tipo de zapatas que se ha optado por calcular son zapatas centradas de $2,8 \times 1,7 \times 1 \text{ m}$. Las placas de anclaje son rectangulares centradas.

El hormigón utilizado para el cálculo es el HA/25/P/40IIa de control estadístico. También se va a utilizar hormigón de limpieza H-200/P/40 (10 cm). Para los redondos de las zapatas se ha utilizado acero tipo B-400 S. Mediante el Método de bielas y tirantes se ha obtenido los siguientes datos de armado:

- Armadura principal: 7 barras de 25 mm de diámetro, separadas 21 cm
- Armadura secundaria: 9 barras de 20 mm de diámetro, separadas 28 cm

Las longitudes de anclaje son 75 y 48 cm respectivamente.

Hay que recordar que se ha definido en el *Anejo del Medio Físico*, que la presión máxima admisible para el terreno es de $0,2 \text{ N/mm}^2$.

- Estructuras

La estructura de la nave se ha determinado mediante el cálculo de los esfuerzos que debe soportar gracias al software Prontuario PIEM. Las comprobaciones que se han llevado a cabo son el Estado Limite Último y el Estado Límite de Servicio. Los resultados han sido los siguientes:

- Correas tipo IPE-140
- Pilares tipo IPE-330
- Dinteles tipo IPE-330

Todos estos datos quedan detallados en el Anejo de Obra Civil y en sus planos correspondientes.

-Cubierta

La cubierta de la nave se construye a dos aguas. El ángulo de faldón es de 14,93°.

La cubrición se hará mediante panel sándwich de 50 mm de espesor total conformado con doble chapa de acero de 0,5 mm, perfil nervado tipo de Aceralia o similar, lacado a ambas caras y con relleno intermedio de espuma de poliuretano. El perfil está anclado a la estructura mediante ganchos o tornillos autorroscantes.

-Cerramientos

El cerramiento exterior del edificio de usos múltiples se realiza mediante ladrillo.

- Almacén de maquinaria y naves de fermentación

Sus características y dimensiones geométricas son las siguientes:

- Pórtico a 2 aguas.
- Luz: 17,4 metros.
- Largo: 23,1 metros.
- Altura a cabeza de pilar: 4,5 metros.
- Altura a cumbrera: 6 metros.

En la cubierta se dispondrán una serie de correas que recorren la nave longitudinalmente. Las correas se modelizan como vigas apoyadas sobre los pórticos de cubierta. Serán de 2 vanos.

Se dispondrán 7 correas en cada faldón, 14 en total en toda la cubierta. Dejando una separación de 0,215 metros entre la primera correa y la cabeza de pilar y entre la última correa y la cumbrera, la distancia entre las correas será de 1,4 metros.

Las uniones entre las barras, o nudos, serán rígidas, por lo que todos los esfuerzos se transmitirán de una barra a otra. Los apoyos con el terreno serán biempotrados, por lo que finalmente la estructura transmitirá esos esfuerzos a la cimentación.

La normativa considerada para el diseño de la estructura es:

- EHE-08 para el hormigón.
- CTE DB SE-A para perfiles de acero laminado.
- CTE DB SE-AE sobre acciones en la edificación.

El acero utilizado es acero S275 JR. Su límite elástico es de 275 N/mm^2 .

- Cimentación

El tipo de zapatas que se ha optado por calcular son zapatas centradas de $2,8 \times 1,8 \times 1$ m. Las placas de anclaje son rectangulares centradas.

El hormigón utilizado para el cálculo es el HA/25/P/40IIa de control estadístico. También se va a utilizar hormigón de limpieza H-200/P/40 (10 cm). Para los redondos de las zapatas se ha utilizado acero tipo B-400 S. Mediante el Método de bielas y tirantes se ha obtenido los siguientes datos de armado:

- Armadura principal: 8 barras de 25 mm de diámetro, separadas 20 cm
- Armadura secundaria: 9 barras de 20 mm de diámetro, separadas 28 cm

Las longitudes de anclaje son 75 y 48 cm respectivamente.

Hay que recordar que se ha definido en el *Anejo del Medio Físico*, que la presión máxima admisible para el terreno es de $0,2 \text{ N/mm}^2$.

- Estructuras

La estructura de la nave se ha determinado mediante el cálculo de los esfuerzos que debe soportar gracias al software Prontuario PIEM. Las comprobaciones que se han llevado a cabo son el Estado Limite Último y el Estado Límite de Servicio. Los resultados han sido los siguientes:

- Correas tipo IPE-120
- Pilares tipo IPE-330
- Dinteles tipo IPE-330

Todos estos datos quedan detallados en el Anejo de Obra Civil y en sus planos correspondientes.

- Cubierta

La cubierta de la nave se construye a dos aguas. El ángulo de faldón es de 9,78°.

La cubrición se hará mediante panel sándwich de 50 mm de espesor total conformado con doble chapa de acero de 0,5 mm, perfil nervado tipo de Aceralia o similar, lacado a ambas caras y con relleno intermedio de espuma de poliuretano. El perfil está anclado a la estructura mediante ganchos o tornillos autorroscantes.

- Cerramientos

El cerramiento utilizado en las fachadas es muro de hormigón HA-25/P/20/ IIa N/mm² sin revestir, armado con mallazo electrosoldado de 150x150x6 mm, esmerado para dejar el hormigón visto, con tamaño máximo del árido de 20 mm.

10. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

Esta instalación tiene la función de evacuar todas las aguas no aprovechables hasta su vertido a la red de saneamiento del polígono.

Se distinguen claramente tres redes diferentes:

- Red de pluviales y aguas de proceso: es la que recoge toda el agua de lluvia y los lixiviados resultantes de la fermentación y los dirige hasta la basa de lixiviados.
- Red de fecales: recoge las aguas fecales procedentes de baños y vestuarios.
- Red de aguas de limpieza: recoge el agua procedente de la limpieza de la zona de proceso y maquinaria.

Los materiales de instalación escogidos han sido colectores, canalones y bajantes de PVC, arquetas de hormigón según dimensiones.

Los diferentes calculos y dimensionados se han determinado en base a lo que marca el Documento Básico HS de Salubridad

- Red de pluviales

Esta red se calcula en función de la intensidad pluviométrica.

La intensidad pluviométrica se obtiene en función de la isoyeta y de la zona pluviométrica correspondiente a nuestra localidad y determinadas mediante el mapa correspondiente.

En este caso tendremos 4 canalones en cada edificio. Cada canalón recoge el agua de una superficie correspondiente a la mitad de la cubierta, y el otro el que le corresponde más el anterior. Los diámetros resultantes serán:

- Edificio de usos múltiples: 125 mm
- Almacén de maquinaria y naves de fermentación: 150 mm

También se dispondrán 4 bajantes, una en cada extremo del edificio que recogerán el agua de los canalones. Los diámetros resultantes serán:

- Edificio de usos múltiples: 125 mm
- Almacén de maquinaria y naves de fermentación: 160 mm

Para el dimensionado de los colectores, además de este método, se ha utilizado el Método Racional Modificado, que consiste en transformar la lluvia en escorrentía y con ello determinar los diámetros.

De esta forma también se ha dimensionado el agua recogida de las superficies pavimentadas de la solera, gracias a una pendiente del 2%.

El diámetro resultante de todos los colectores y las arquetas de esta red de saneamiento se detalla en el Anejo correspondiente.

- Red de saneamiento de aguas de proceso

Mediante el dato de del caudal de agua de riego de pilas de compost y del biofiltro, calculados en el Anejo de Riego, se ha determinado el diámetro de todas las tuberías y las dimensiones de las arquetas de esta red. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 9. Resultados del diámetro de las tuberías que se instalarán en los túneles de fermentación

Tramo	Øext (mm)
30-31	110
31-32	160
32-balsa	200
Túnel-arqueta	110

Tabla 10. Resultados de las dimensiones de las arquetas que se instalarán en la red de saneamiento de aguas industriales de proceso.

Nº arqueta	Ø (mm) colector salida	Arqueta (cm)
30	110	50 x 50
31	160	60 x 60
32	200	60 x 60

- Dimensionado de la balsa de lixiviados

Conocido el valor de todos los caudales que se verterán a la balsa de lixiviados, procedentes de la red de saneamiento de aguas pluviales y de proceso, se han determinado las dimensiones de la balsa de lixiviados:

$$\text{volumen} = 600 \text{ m}^3 = 15 * 8 * 5 \text{ metros}$$

- Red de saneamiento de aguas de limpieza

Se dispondrá una red de saneamiento independiente destinada a evacuar las aguas de limpieza, ya que son aguas sucias que no pueden ir a pasar a la balsa porque perjudicarías a la microbiota fermentativa. Estimando el caudal del equipo de limpieza manual de una industria, se han dimensionado las tuberías y las arquetas.

Tabla 11. Resultados del diámetro de las tuberías que se instalarán en la red de saneamiento de aguas industriales de limpieza.

Tramo	Øext (mm)
33-35	50
34-35	50
35-depurad	50

Tabla 12. Resultados de las dimensiones de las arquetas que se instalarán en la red de saneamiento de aguas industriales de limpieza.

Nº arqueta	Ø (mm) colector salida	Arqueta (cm)
33	50	40 x 40
34	50	40 x 40
35	50	40 x 40

- Red de saneamiento de fecales

Las tuberías serán de PVC resistente a la corrosión, con una pendiente del 2%.

Para dimensionar esta red, se debe conocer el diámetro de desagüe los aparatos sanitarios que se instalarán en la planta.

Tabla 13. Resultados del diámetro del sifón de los aparatos sanitarios de la red de aguas fecales.

Aparato sanitario	Diámetro mínimo (mm)
Lavabo	32
Ducha	40
Inodoro con cisterna	100
Urinario suspendido	40
Fregadero	40

Los resultados finales obtenidos del dimensionado de esta red de saneamiento se muestran a continuación

Tabla 14. Resultados del diámetro de la red de saneamiento de aguas fecales.

Tramo	Diámetro (mm)
1-4	50
2-4	63
3-4	63
5-6	50
4-6	90
6-depósito	90

Tabla 15. Resultados del dimensionado de las arquetas de saneamiento de aguas fecales.

Nº arqueta	Dimensiones (mm)
1	40 x 40
2	40 x 40
3	40 x 40
4	40 x 40
5	40 x 40
6	40 x 40

11. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA

El suministro de agua a la industria se hace de la red general de abastecimiento de agua del polígono.

El cauce público de la red de abastecimiento posee el caudal y presión suficiente para satisfacer las necesidades demandadas por la industria.

La instalación está diseñada de tal forma que cubra todos los puntos de abastecimiento de agua.

Está formada por: toma de red de distribución, ramal de acometida, llave de registro, contador general, llave general de paso, red interior agua fría y red interior de agua caliente.

Las tuberías son de polietileno PE para la distribución de los distintos puntos de abastecimiento.

Para fijar el diámetro de los conductos interiores, el caudal máximo previsible, la velocidad de circulación del agua y las pérdidas de carga y longitud de los accesorios, se ha hecho uso del Código Técnico de la Edificación DB-HS 4 (Salubridad - Suministro de agua).

Debido a que la nave no tiene grandes necesidades de agua caliente se ha optado por colocar un calentador con un volumen de acumulación de 76 litros para abastecer a los puntos necesarios del edificio de usos múltiples.

Los resultados de las redes de agua fría y caliente se muestran a continuación:

Tabla 16. Diámetros de la línea de agua fría

Tramo	Ø int (mm)
Acometida	40,8
1-2	26,0
2-3	26,0
3-4	20,4
4-5	20,4

Tabla 17. Diámetros de la línea de A.C.S

Tramo	Ø int (mm)
1-2	26,0
2-3	20,4

12. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La energía eléctrica será tomada de las redes de la empresa distribuidora de energía eléctrica de Iberdrola. La red de alimentación es de tres fases más neutro (3F + N), sistema trifásico-monofásico y de frecuencia de 50Hz. Tensión 3 x 400/230 V.

La instalación eléctrica se ha calculado de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

La instalación de enlace consta de las siguientes partes: acometida general, caja general de protección, módulo de contadores, derivación individual y cuadro general.

El conexionado del cuadro general se efectúa con conductores unipolares de cobre de colores normalizados y secciones de acuerdo con los elementos de protección y cálculos justificativos.

Tanto las líneas de fuerza, como las de alumbrado están formadas por conductores unipolares, de cobre, los cuales discurren bajo tubo o en bandejas perforadas.

Los tubos que se utilizarán son de material aislante, adecuados además para su instalación en los túneles de fermentación, que son considerados zonas húmedas y con polvo. Además, los aparatos de iluminación en esas estancias son estancos y herméticos. Todos los elementos cumplen con lo dispuesto en la instrucción ITC BT – 21.

Las cajas de registro dispuestas en montaje superficial son plastificadas y estancas. En las instalaciones empotradas las cajas son plastificadas, de acorde a este tipo de instalación.

Las derivaciones a los puntos de luz, a cuadros secundarios, interruptores, etc, son realizadas en cajas de registro y mediante bornes de apriete.

La protección contra sobrecargas y cortocircuitos en las diferentes líneas queda asegurada mediante interruptores magnetotérmicos y diferenciales.

Las secciones de los conductores se calculan de tal forma que tanto la máxima caída de tensión, como la densidad de corriente estén dentro de los valores admitidos por el Vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Dichas secciones quedan detalladas en el Anejo de Instalación Eléctrica.

En lo que respecta a las protecciones y medidas de seguridad, al proyectar la instalación se ha tenido en cuenta todo lo señalado por el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias y, particularmente, las reseñadas al inicio del presente proyecto.

La realización de la instalación de toma de tierra se realiza al abrir los cimientos, en zonas de relleno y de probada humedad.

Los resultados generales son los siguientes:

- Potencia instalada: Suma de los consumos de todos los receptores de la instalación. 159.991 kW.
- Potencia de cálculo: Se trata de la máxima carga prevista para la que se dimensionan los conductores. 204.081,3 kW.
- Potencia a contratar: Se elige la potencia normalizada por la compañía suministradora superior y más próxima a la potencia de cálculo.

En la planta de compostaje se han dispuesto diferentes cuadros secundarios. Los circuitos establecidos entre éstos y el Cuadro General, así como sus potencias se detallan a continuación

- Cuadro General de Mando y Protección al Cuadro Secundario de Mando y Protección 1.

Circuito	Descripción	Potencia (W)
CGMP-CSMP1-A1	Alumbrado sala de control y laboratorio	495
CGMP-CSMP1-A2	Alumbrado recepción, sala de descanso, pasillo y aseos femeninos	454
CGMP-CSMP1-A3	Alumbrado oficina, despacho y aseos masculinos	454
CGMP-CSMP1-A4	Alumbrado de emergencia	1100
CGMP-CSMP1-A5	Alumbrado exterior	486
CGMP-CSMP1-A6	Fuerza sala de control, laboratorio y báscula	12750

CGMP-CSMP1-A7	Fuerza recepción, sala de descanso, pasillo y aseos femeninos	14000
CGMP-CSMP1-A8	Fuerza oficina, despacho y aseos masculinos	14000
Total		43739

Tabla 19. Descripción de los circuitos del Cuadro Secundario de Mando y Protección 1.

- Cuadro General de Mando y Protección al Cuadro Secundario de Mando y Protección 2.

Circuito	Descripción	Potencia (W)
CGMP-CSMP2-A1	Alumbrado taller y aseos	376
CGMP-CSMP2-A2	Alumbrado almacén maquinaria	550
CGMP-CSMP2-A3	Alumbrado de emergencia	300
CGMP-CSMP2-A4	Alumbrado exterior	243
CGMP-CSMP2-A5	Fuerza taller y almacén	8000
Total		9469

Tabla 20. Descripción de los circuitos del Cuadro Secundario de Mando y Protección 2.

- Cuadro General de Mando y Protección al Cuadro Secundario de Mando y Protección 3.

Circuito	Descripción	Potencia (W)
CGMP-CSMP3-A1	Alumbrado pasillo central nave de fermentación	165
CGMP-CSMP3-A2	Alumbrado túnel de fermentación 1	180
CGMP-CSMP3-A3	Alumbrado túnel de fermentación 2	180
CGMP-CSMP3-A4	Alumbrado de emergencia	200
CGMP-CSMP3-A5	Alumbrado exterior	486

CGMP-CSMP3-A6	Ventiladores edificio 1	8000
CGMP-CSMP3-A7	Ventilador de extracción	11000
CGMP-CSMP3-A8	Automatización ventilación y riego	800
Total		21011

Tabla 21. Descripción de los circuitos del Cuadro Secundario de Mando y Protección 3.

- Cuadro General de Mando y Protección al Cuadro Secundario de Mando y Protección 4.

Circuito	Descripción	Potencia (W)
CGMP-CSMP4-A1	Alumbrado pasillo central nave de fermentación	165
CGMP-CSMP4-A2	Alumbrado túnel de fermentación 1	180
CGMP-CSMP4-A3	Alumbrado túnel de fermentación 2	180
CGMP-CSMP4-A4	Alumbrado de emergencia	200
CGMP-CSMP4-A5	Alumbrado exterior	486
CGMP-CSMP4-A6	Ventiladores edificio 2	8000
CGMP-CSMP4-A7	Triturador/homogeneizador	65000
Total		74211

Tabla 22. Descripción de los circuitos del Cuadro Secundario de Mando y Protección 4.

- Cuadro General de Mando y Protección al Cuadro Secundario de Mando y Protección 5.

Circuito	Descripción	Potencia (W)
CGMP-CSMP5-A1	Alumbrado balsa	81
CGMP-CSMP5-A2	Bomba	11000
Total		11081

Tabla 23. Descripción de los circuitos del Cuadro Secundario de Mando y Protección 5.

13. INSTALACION DE RIEGO

Tras estimar las necesidades de riego de los túneles de fermentación y del biofiltro, se instalará un sistema de boquillas capaz de abastecer las necesidades de riego de cada uno de ellos.

- Cada nave de fermentación necesita $7,78 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.
- El biofiltro necesita $3,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

En base a estos datos se ha dimensionado la red de riego que se instalará en la planta de compostaje como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 24. Resultados del diámetro de la instalación de riego

Tramo	Ø int. (mm)
1-5	105,6
2-3	79,4
4-5	105,6
5-bomba	153,6

Finalmente, para hacer llegar el agua hasta el punto de emisión, se colocará una bomba en la balsa que impulsará los lixiviados hasta la snaves de fermentación y el biofiltro.

La potencia de la bomba que se debe instalar es de $10,94 \text{ c.v.} = 8,05 \text{ kW}$

La bomba elegida tendrá las siguientes características:

- Electrobomba centrífuga modelo: M065-200 B
- Fabricante: Hasa
- Caudal: $60 \text{ m}^3/\text{h}$
- Potencia: 11 kW
- Altura manométrica: $49,3 \text{ m}$

Los sistemas de distribución del riego se muestran en los anejos y planos correspondientes

14. INSTALACION DE VENTILACIÓN

La ventilación de los túneles de compostaje cumple varias funciones dentro del proceso de fermentación.

- Cálculo del volumen de aire necesario en los procesos de fermentación aerobia con aireación forzada.
- Cálculo del volumen de aire necesario para evacuar el exceso de calor generado.
- Cálculo del volumen de aire necesario para evacuar el exceso de humedad.

Para cada una de las 3 funciones la cantidad de aire que se debe suministrar por T de materia seca degradada:

1. Suministrar el oxígeno necesario para la reacción:

$$4,41 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ de aire seco.}$$

2. Evacuar el exceso de calor:

$$6,76 \cdot 10^4 \text{ m}^3 \text{ aire seco}$$

3. Evacuar el exceso de humedad:

$$2,37 \cdot 10^4 \text{ m}^3 \text{ de aire seco.}$$

Según los cálculos detallados en el Anejo de ventilación, el flujo de aire requerido en cada túnel de fermentación de $6.760 \text{ m}^3 / \text{hora}$.

Según esto, se ha escogido el siguiente ventilador:

- Ventilador centrífugo de presión media con carcasa fabricada en chapa de acero laminado.
- Protegido contra la corrosión mediante recubrimiento en polvo de resina epoxy.
- Modelo: MB 31/12 T4
- Fabricante: Casals
- $Q_{\text{máx}}$: $6800 \text{ m}^3 / \text{hora}$
- Potencia: 4 kW

Con el ventilador escogido de presión media se prevé que será suficiente para ventilar las pilas teniendo en cuenta las pérdidas de carga que se producirían en la tubería, en el falso suelo del túnel, en las perforaciones de las baldosas y en el propio lecho de residuos.

Por último, solo queda determinar el diámetro de las dos tuberías que llevarán el aire hasta el canalón del falso suelo. El caudal que deberá transportar cada tubería será la mitad de la que emite el ventilador. La velocidad por la tubería será 22 m/s. Por lo tanto:

Tabla 25. Diámetro resultante de la tubería que se instalará en el sistema de ventilación

Caudal (m³/s)	Velocidad (m/s)	Øcalc (mm)	Øint (mm)	Øext (mm)
0,93	22	232	237,8	250

Además, se instalará un sistema de extracción del aire, que lo depura mediante un biofiltro y lo emite a la atmósfera libre de sustancias contaminantes.

El biofiltro debe depurar el aire de los 4 túneles de fermentación , lo que supone un caudal de: 27.200 m³/h

Según este dato de caudal se ha dimensionado el biofiltro y el sistema de extracción de gases:

Tabla 26. Diámetros resultantes de la tuberías que se instalarán en el sistema de ventilación

Tramo	Øext (mm)
1-3	400
2-3	400
4-6	400
5-6	400
3-7	500
6-7	500
7-8	700

Dimensiones del relleno del biofiltro:

$$V_{\text{relleno}} = 408\text{m}^3 = H * M * N = 1,5\text{m} * 13\text{m} * 21\text{m}$$

15. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

La obra cumple con el Real Decreto 2267/2004 del 3 de diciembre, Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. Este reglamento tiene por objeto conseguir un grado suficiente de seguridad en caso de incendio en los establecimientos e instalaciones de uso industrial.

- Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios

Cada uno de los sectores de incendio presentes en la planta es de Tipo C: *el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.*

Según el Reglamento de Protección contra Incendios, el nivel de riesgo intrínseco de un sector de incendio se representa, para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra diferente al almacenamiento, con la siguiente expresión:

$$Q_s = q_{Si} A_i C_i R_a \quad (\text{MJ} / \text{m}^2) \text{ o } (\text{Mcal} / \text{m}^2)$$

El nivel de riesgo intrínseco del edificio, ha resultado ser medio de factor de nivel 5 (riesgo medio).

Como la planta de compostaje tiene un nivel de riesgo intrínseco medio de nivel 5, la máxima superficie que puede acoger cada sector de incendio es de 3500 m². Ningún sector supera esa superficie, así que las zonas determinadas quedan establecidas como sectores de incendio.

- Requisitos constructivos de los establecimientos industriales

Cada uno de los edificios cuenta con el número de salidas necesario según el reglamento. Los materiales utilizados para suelos, paredes y techos también cumplen con esta normativa.

- Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales

Según las características del edificio, y según el nivel de riesgo intrínseco, el establecimiento tendrá diferentes sistemas de protección:

- Sistemas automáticos de detección de incendios: NO
- Sistemas manuales de detección de incendio: SI
- Sistemas de comunicación de alarma: NO
- Sistemas hidrantes exteriores: NO
- Extintores de incendio: SI
- Sistemas de bocas de incendio equipadas: NO
- Sistemas rociadores automáticos de agua: NO
- Sistemas de extinción por agentes extintores gaseosos: SI
- Sistemas de alumbrado de emergencia: SI
- Señalización: SI

En el correspondiente anejo están detallados todos estos sistemas de protección en relación al número y a la ubicación.

16. ESTUDIO ECONÓMICO

Las características en las que nos basamos para realizar el estudio económico de dicho proyecto son:

- Vida útil de la obra civil e instalaciones: 25 años
- Vida útil de la maquinaria: 12 años
- Valor residual de la obra civil: 25%
- Valor residual de la maquinaria: 15% del valor inicial
- Pago de la inversión sin fraccionar, en el primer año y con fondos propios. Los cobros y pagos de un año se realizan en el instante final del año.
- Estudios para un interés anual de: 5%.

Los ratios económicos utilizados son:

- Valor actual neto (VAN).
- Relación beneficio / inversión.
- Plazo de recuperación (Pay-Back).
- Tasa interna de rentabilidad (TIR)

La inversión inicial es la suma del presupuesto general ya que la parcela es de propiedad privada.

Inversión inicial..... **1.668.787,54 €.**

Los pagos ordinarios que se producirían durante la vida útil del proyecto se detallan en la tabla siguiente:

Tabla 27. Pago ordinarios que se darán en la planta de compostaje

Concepto	Pago anual (euros)
Mano de obra	111.600
Mantenimiento	21.646,05
Electricidad	172.790,28
Agua	1.728
Combustible	27.738,77
Teléfono e internet	7.300
Material de oficina	5.200
Limpieza	6.000
Publicidad	8.000
Seguros	33.375,75
Cursos de formación	4.500
Ropa empleado	2.800
Tratamiento fecales	900
Tratamiento residuales	1.500
TOTAL	295.885,33

Los cobros anuales por el compost vendido tienen un valor de: 468.200 €

Como cobros extraordinarios Como cobro extraordinario sólo se tiene en cuenta el correspondiente al valor residual de la maquinaria. Se considerará un valor residual del 20 % del valor inicial.

Se contabilizará un cobro extraordinario en el duodécimo año correspondiente al valor residual del 50 % de la maquinaria, es decir, un total de 21.308,2 €.

Mediante una hoja de cálculo se ha calculado el estudio económico realizando los flujos de caja y sus correspondientes índices de rentabilidad financiera.

Tabla 28. Resultado obtenidos del análisis de rentabilidad

Interés	VAN €	Plazo de recuperación	B/IN	TIR%
5%	712.345,05	No hay recuperación	0,03	9%

Finalmente, se ha realizado un análisis de sensibilidad comparando varios escenarios positivos y negativos.

Todos los resultados se muestran en el Anejo de Evaluación económica

17. PRESUPUESTO

De acuerdo con el presupuesto General, la ejecución del siguiente proyecto asciende a la cantidad de UN MILLÓN SEISCIENTOS SESENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS, **1.668.787,54 €**.

18. CONCLUSIÓN

Junto con el resto de Documentos, Planos, Pliego de Condiciones y Presupuesto, la alumna que suscribe da por finalizado el presente proyecto.

Logroño a 01/09/2017

Fdo: VIVIANA AMIGO BAZO

(Alumna de Grado en Ingeniería Agrícola)



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

ÍNDICE

1. BIORRESIDUOS Y SU PROBLEMÁTICA.....	1
1.1 Cantidades globales	2
1.2. Normativa	6
1.3. Problemática ambiental.....	10
2. CONSIDERACIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL COMPOSTAJE.....	14
2.1. Conclusiones	15
3. MEJORAS DE LA APLICACIÓN DE COMPOST AL SUELO	16
3.1. Efecto de la aplicación de compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo..	17
3.2. Efecto de la aplicación de compost sobre las propiedades biológicas del suelo	22
3.3.Conclusiones.....	24

1. BIORRESIDUOS Y SU PROBLEMÁTICA

El término *biorresiduo* es relativamente nuevo. Se corresponde con la fracción de residuos orgánicos, es decir, aquellos residuos compuestos por elementos biodegradables de origen orgánico.

Aparece por primera vez a raíz de la aprobación de la Directiva Marco 2008/98/CE de Residuos. En ésta se define como un “residuo biodegradable de jardines y parques, residuos alimenticios y de cocina procedentes de hogares, restaurantes, servicios de restauración colectiva y establecimientos de consumo al por menor, y residuos comparables procedentes de plantas de transformación de alimentos.” De igual manera se incluye dicho concepto definido en la legislación estatal, como queda reflejado en la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados.

Para una mejor definición, se hace una subdivisión en categorías en función de distintos criterios. Asimismo, atendiendo por un lado a su naturaleza, queda dividido en dos grandes fracciones de residuos, que incluyen:

1. Fracción vegetal o residuos vegetales provenientes de parques y jardines (zonas verdes) privados y públicos.

Se compone de restos vegetales de pequeño tamaño y de tipo no leñoso procedentes de jardinería y poda; y de restos vegetales de jardinería y poda de mayor tamaño y de tipo leñoso. Su composición es generalmente de entre el 50-60% de humedad, y principalmente celulosa.

2. Residuos de origen alimentario y de cocina.

Incluye los restos de la preparación de la comida, o manipulación y elaboración de productos alimentarios, restos de comida, alimentos en mal estado y excedentes alimentarios que no se han consumido o comercializado. Son muy variables, pueden estar compuestos hasta un 80% de humedad, y no suelen contener celulosa, o en porcentajes muy bajos.

Otra división estaría establecida de acuerdo a la gestión que precisan los residuos, basada en el distinto tratamiento, logística de recogida o la misma temporalidad de generación. Aparecen dos nuevos grupos:

1. Fracción Orgánica.

Compuesta tanto por los restos de origen alimentario, como por los restos vegetales no leñosos de pequeño tamaño (malas hierbas, césped, hojarasca...). En el caso de recogerse de manera separada, se utiliza el concepto FORS (Fracción Orgánica de Recogida Separada).

2. Poda.

Compuesta por los restos vegetales leñosos de mayor tamaño.

1.1. Cantidades globales

Una vez definido el concepto de biorresiduo es interesante ver cómo se distribuye su generación, ya que ésta permitirá obtener conclusiones en función de la localización, o el nivel de vida de la población. Para ello se va a realizar una clasificación principal a distintas escalas:

- A nivel global

Hay pocos datos referentes a la cantidad de biorresiduos generados en todo el planeta ya que generalmente en los países menos desarrollados no se tiene un control de los mismos. Sin embargo, sí que hay algunos datos que pueden ser de utilidad.

Se estima que se generan alrededor de 1,3 billones de toneladas de residuos sólidos urbanos anualmente, de los cuales el porcentaje de residuos orgánicos varía de manera considerable. Esta variación puede deberse a diversos factores, de entre los cuales destaca el nivel de desarrollo de cada país. De esta manera, mientras que en los países más desarrollados de la Unión Europea el porcentaje de residuos orgánicos no supera el 30%, en zonas menos desarrolladas (como algunas regiones de Sudamérica, Asia y África) el porcentaje de generación de este tipo de residuos se encuentra en torno al 70%.

En la Figura 1 se representa el porcentaje de residuos orgánicos generados a nivel global en distintos países en función del nivel de ingresos. Se observa cómo este tipo de residuos varía su cantidad en función del nivel económico, siendo equiparable a otro tipo de residuos en los países más desarrollados. En cambio en los países menos desarrollados se trata del tipo de residuos más común comparado con el resto.

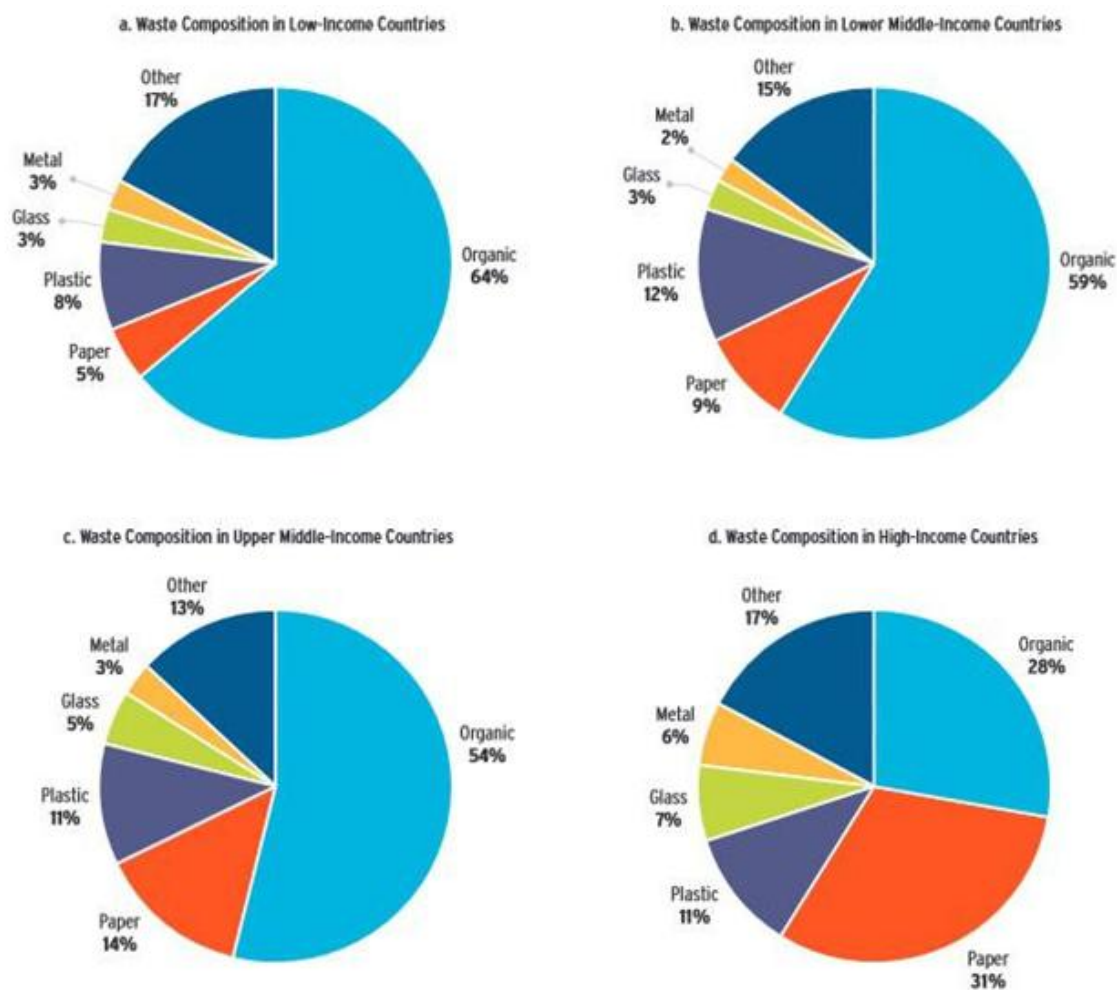


Figura 1. Porcentaje de residuos generados en distintos países en función de sus ingresos. (WorldBank).

Estas diferencias pueden explicarse por ejemplo si se comparan los materiales utilizados para la construcción, donde los países menos desarrollados tienden a utilizar materiales biodegradables como maderas mientras que los países más desarrollados utilizan otros materiales como metales. También es importante la cantidad de superficie destinada a la producción agrícola, ya que mientras que en los países desarrollados destacan los paisajes urbanos (ciudades principalmente) en los menos desarrollados lo hacen los paisajes agrícolas o menos urbanizados.

- A nivel europeo (Unión Europea)

En este caso sí hay datos totales sobre la producción de biorresiduos, tanto en el Libro Verde como en la página web oficial del MAGRAMA.

El primero, con datos disponibles del año 2008 habla de una producción de entre 76,5 y 102 millones de toneladas, de los cuales 37 millones pertenecen a la industria

alimentaria y bebida. El segundo incluye las cantidades generadas en el año 2010, con entre 118 y 138 millones de toneladas, de los cuales 88 millones son de origen municipal.

Es interesante hacer una comparación entre ambos datos y ver el crecimiento desorbitado de este tipo de residuos en tan sólo dos años. También destaca que mientras la mayoría de residuos son municipales, los pertenecientes a la industria alimentaria ocupan un porcentaje muy alto respecto al total.

Además, es importante matizar que se estima que entre el 30 y el 45% de biorresiduos generados son de competencia municipal, y de estos sólo un 20% se utiliza como recurso. En la Figura 2 se muestra cómo se reparte el aprovechamiento y gestión de estos residuos en la Unión Europea.



Figura 2. Estado de la gestión de biorresiduos en Europa. (MAGRAMA).

En países como Alemania, Austria o Italia las actuaciones son mayores, incluyendo recogida separada y compostaje o digestión, lo que implica un mayor número de plantas y por tanto mayores cantidades. Por el contrario, en países como Portugal o España apenas hay actuaciones en comparación. Cabe destacar también la situación de Reino Unido o Dinamarca, los cuales se observa que apuestan por la gestión y aprovechamiento de los biorresiduos con la implantación de plantas para su tratamiento.

- A nivel nacional (España)

Los datos correspondientes al año 2010 señalan que en España se generaron un total de 10,3 millones de toneladas de biorresiduos. Estos datos concuerdan con los porcentajes de generación de residuos orgánicos de los distintos países según su desarrollo, presentados anteriormente.

Según datos obtenidos de la web del MAGRAMA, del total de la materia orgánica biodegradable que se obtuvo en España en el año 2012, un 64,27% se corresponde con residuos de alimentos y proceden sobretodo de la actividad agrícola, agroalimentaria y ganadera (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentajes de residuos dentro de la categoría de MO biodegradable para el año 2012. (MAGRAMA).

CATEGORÍA	ANUAL
Restos de alimentos	64,27%
Restos de jardinería	13,88%
Celulósicos	2,92%
Otros materia orgánica	0,35%
TOTAL MATERIA ORGÁNICA	100%

- A nivel regional (La Rioja)

Para poder hacer la comparativa de la evolución de los biorresiduos en La Rioja se han extraído datos recogidos en los dos últimos documentos del Plan Director de La Rioja elaborado para los años 2007-2015 y 2016-2026.

En ellos hay un apartado dedicado a restos orgánicos, en el cual figuran los residuos agrícolas. Dentro de los residuos agrícolas, la mayor parte, el 99,94% , los constituyen los derivados del cultivo del champiñón y setas.

Según datos obtenidos de la Consejería de Turismo y Medio Ambiente, de cada 100 kilos de champiñón que se producen en el mundo, 3,5 kilos se cultivan en La Rioja. Este dato por sí solo nos da una idea de la importancia que tiene la producción riojana de este producto en los mercados internacionales. Lo mismo ocurre dentro del ámbito del mercado nacional, donde el porcentaje de champiñón riojano dentro de la producción española es del 60%.

Esta actividad crea gran cantidad de residuos de origen orgánico tal y como muestra la tabla 2 en la que se puede ver que por cada tonelada de hongo cultivado se obtienen más del doble de toneladas de sustrato postcultivo. Pero este sustrato dista mucho de ser un residuo.

El destino de este sustrato generado era tres vertederos controlados presentes en la zona. Pero ocasionaban importantes riesgos medioambientales, debidos principalmente a la concentración del residuo en varios municipios de La Rioja Baja, apareciendo vertidos incontrolados, producción de lixiviados y malos olores. Es por esto que, a finales de 2006, se clausuraron los 3 vertederos y estos residuos pasaron a ser gestionados por la planta de compostaje presente en Pradejón. Actualmente es el único centro de tratamiento que se encarga de este tipo de residuos. Su destino final es el uso como enmienda orgánica. La tabla 3 muestra las toneladas gestionadas en los último años en la planta. Si nos fijamos en el dato del último año, en el que en la planta se trataron 179.559 toneladas, y haciendo una comparativa con la anterior tabla podemos concluir que algo más de 16.000 toneladas de sustrato postcultivo se quedan sin gestionar.

Tabla 2. Toneladas de champiñón y seta y de sustrato postcultivo generadas en La Rioja (Plan Director de Residuos de La Rioja 2016-2026)

Año	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Toneladas hongos	71.790	76.660	69.541	66.090	76.314	75.399	74.498	73.435
Total sustrato postcultivo	191.520	204.427	185.443	176.240	203.504	201.064	198.661	195.827

Tabla 3. Toneladas de sustrato postcultivo tratadas en la planta de Pradejón.

Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Sustrato postcultivo	145.147	194.812	104.761	174.493	177.008	179.559

1.2. Normativa

Hasta el momento han ido apareciendo algunas leyes, planes y programas relacionados con los biorresiduos, ya sea para hacer referencia a su definición o gestión. Pero también existen normativas a distintos niveles que implican el cumplimiento de determinados objetivos:

- Normativa europea

La principal es la Directiva 2008/98/CE de Residuos, en la que se incluyen los siguientes objetivos:

- Potenciar la recogida separada de biorresiduos con vistas al compostaje y la digestión de los mismos.

- Potenciar el tratamiento de biorresiduos, de tal manera que se logre un alto grado de protección del medio ambiente.
- Promover el uso de materiales ambientalmente seguros producidos a partir de biorresiduos.

Además, en la misma Directiva se recoge el objetivo siguiente:

“Antes de 2020, deberá aumentarse como mínimo hasta un 50 % global de su peso la preparación para la reutilización y el reciclado de residuos de materiales tales como, al menos, el papel, los metales, el plástico y el vidrio de los residuos domésticos y posiblemente de otros orígenes en la medida en que estos flujos de residuos sean similares a los residuos domésticos.”

Los biorresiduos se incluyen dentro de esos otros orígenes, que en un principio pueden o no incluirse. En el caso de España se incluyen.

A nivel europeo aparecen también aplicados a otras normativas como:

- Programa Europeo sobre el Cambio Climático, interviniendo en el objetivo de reducción de las cantidades de materia orgánica en vertederos, y además actuando en los suelos como sumidero de carbono, o la disminución de fertilizantes químicos.
- Estrategia Temática para la Protección del Suelo, como recomendación para la promoción del uso de enmiendas orgánicas de calidad que potencien una gestión sostenible de la materia orgánica y su aplicación en el suelo, así como la de prevención de la contaminación de suelos.
- Estrategia Temática sobre el Uso Sostenible de Recursos Naturales, como recomendación para el cierre del ciclo de materiales, usando eficientemente los recursos existentes y cumpliendo con la necesidad de parar la degradación de nuestros sistemas ecológicos por sobreexplotación, volviendo al funcionamiento cíclico que enseña la naturaleza.

Todas estas y otras normativas contribuyen a maximizar el reciclado y la recuperación de biorresiduos y, según la Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, se esperaría obtener los siguientes beneficios:

- Supondría un ahorro financiero para los ciudadanos.

- Se evitaría la emisión de alrededor de 10 millones de toneladas equivalentes de CO₂, lo que supondría una contribución del 4 % al objetivo de la UE para 2020.
 - El mercado del compost de calidad se multiplicaría por 2,6 y alcanzaría alrededor de 28 millones de toneladas.
 - Permitiría el ahorro de recursos al sustituir por compost el 10 % de los fertilizantes fosfatados, el 9 % de los fertilizantes potásicos y el 8 % de los fertilizantes cálcicos.
 - Gracias al compost se contribuiría a mejorar entre el 3 % y el 7 % de los suelos agrícolas empobrecidos de la UE y a solucionar el problema de la degradación de la calidad de los suelos europeos.
- Normativa estatal

Destaca la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, que incluye un artículo específico para los biorresiduos, con los objetivos siguientes:

- La recogida separada de biorresiduos para destinarlos al compostaje o a la digestión anaerobia en particular de la fracción vegetal, los biorresiduos de grandes generadores y los biorresiduos generados en los hogares.
- El tratamiento de biorresiduos recogidos separadamente de forma que se logre un alto grado de protección del medio ambiente llevado a cabo en instalaciones específicas.
- El uso del compost producido a partir de biorresiduos y ambientalmente seguro en el sector agrícola, la jardinería o la regeneración de áreas degradadas, en sustitución de otras enmiendas orgánicas y fertilizantes minerales.

Además aparecen citados en otras normativas estatales como:

- Real Decreto 1481/2001, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, participando en el objetivo de reducir los residuos biodegradables destinados a vertedero en hasta un 35% para el año 2016, respecto a los generados en el año 1995, para cumplir la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos.

- Normativa regional

La Directiva 2008/98 CEE establece como instrumento para el desarrollo de las políticas de residuos de los estados miembros, la elaboración de planes de gestión de residuos.

El Plan Director de Residuos de La Rioja responde a esa obligación que tienen las Comunidades Autónomas de elaborar planes y programas de residuos. No solo contiene un análisis de la situación de los residuos en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma como ya se ha visto, sino que además establece una estimación de su contribución a los objetivos establecidos en la Ley de residuos. De esta manera, en la tabla 4 se muestran los objetivos de la normativa estatal para el año 2020 y de las previsiones europeas para los horizontes 2025 y 2030. Los objetivos de recuperación para el 2020 son del 50 %, para el 2025 son del 60 % y para el 2030 del 65 %. Además, se presentan las cantidades objetivo para preparación para reutilización y reciclaje y las cantidades adicionales necesarias que hay que recuperar con respecto a la media de los materiales recuperados en el período 2011 – 2014.

Tabla 4. Objetivos de recuperación de materia orgánica (Plan Director de Residuos de La Rioja 2016-2026)

	Objetivos de prevención (generación) 2020	Materiales recuperados. Promedio del período 2011 - 2014	Objetivo 2020			Objetivo 2025			Objetivo 2030		
			Porcentaje objetivo para el año 2020	Cantidades objetivo (T) para el año 2020	Cantidades adicionales necesarias a recuperar (T)	Porcentaje objetivo para el año 2025	Cantidades objetivo (T) para el año 2025	Cantidades adicionales necesarias a recuperar (T)	Porcentaje objetivo para el año 2030	Cantidades objetivo (T) para el año 2030	Cantidades adicionales necesarias a recuperar (T)
Todos los pesos en toneladas (T)											
Total M.O.	41.262	36.918		41.262			41.262			41.262	
M.O. bioestabilizada en agricultura (reciclaje)		14.751	50%	20.631	5.880	60%	24.757	10.007	65%	26.820	12.070
M.O. bioestabilizada valorizada en vertedero		22.168		20.631	-1.537		16.505	-5.663		14.442	15.978

El dato promedio de materiales que fueron recuperados en el período 2011-2014 fue de 36.918 toneladas. Tomando ese dato como referencia y suponiendo una actividad similar en los próximos años, vemos que esas toneladas no superan a las toneladas objetivo, 41.262. Además, como se puede observar, la legislación cada vez es más exigente en cuanto a la fracción correspondiente a materia orgánica bioestabilizada en agricultura, así que las toneladas que son necesarias recuperar cada vez son mayores.

1.3. Problemática ambiental

Una vez comentadas las cantidades de biorresiduos que se pueden generar a lo largo de un año, es importante analizar los posibles problemas que éstos pueden causar tanto para la salud humana como para el medio ambiente. El principal problema es la generación de tales residuos, que se ve afectado principalmente por dos causas:

- Factores humanos, como pueden ser la sobrepoblación, el consumismo y diversas actividades humanas que han contribuido a que se vayan acumulando biorresiduos (y cada vez más) a lo largo de los años.
- Falta de tecnología, ya que únicamente los países más desarrollados disponen de los medios para tratar y eliminar (en la medida de lo posible) estos residuos. Sin embargo, el uso de estas tecnologías no ha sido tan eficiente como cabría esperar ya que a su vez ha provocado la aparición de otros problemas.

Para entender mejor estos nuevos problemas que aparecen, hay que saber en qué procesos se ven implicados los biorresiduos y cuáles son sus posibles destinos. De tal manera se pueden encontrar tres tratamientos principales tras su generación:

1. Depósito en vertedero:

Son muchas las toneladas de basura que se generan diariamente, y esto se ve agravado a su vez por la sociedad consumista actual, por lo que es necesario disponer de vertederos donde depositar los residuos. Estos vertederos conllevan una serie de problemas, en concreto para el medio ambiente, afectando a suelo, paisaje, fauna, vegetación, agua y calidad del aire.

Entre todos los residuos, son los orgánicos los que juegan un papel importante:

- Debido a reacciones biológicas: en una primera etapa se dan reacciones aerobias con emisiones de CO_2 . Posteriormente en reacciones anaerobias se producen otros gases como CH_4 , y trazas de NH_3 y H_2S .
- Debido a reacciones químicas: se produce una disolución en el lixiviado de productos de conversión biológica que formará parte del lixiviado. También se pueden dar reacciones de determinados compuestos orgánicos con los revestimientos de arcilla, alterando la estructura y permeabilidad del vertedero.

- Debido a reacciones físicas: por un lado se da la difusión lateral de los gases de vertedero, que se emiten a la atmósfera. Pueden causar problemas como olores, emisión o combustión del metano, y gases de efecto invernadero.
- Por otro lado hay un movimiento del lixiviado hacia abajo del vertedero, que puede provocar su salida incontrolada y contaminar el suelo o las aguas subterráneas.
- También se da la aparición de vectores sanitarios (ratas e insectos).

2. Incineración:

Es otro posible destino para este tipo de residuos, como alternativa a los combustibles fósiles para la producción de energía. Está basado en el procesamiento térmico mediante combustión con cantidades en exceso de oxígeno para garantizar la combustión completa.

En este proceso se obtienen como productos finales:

- Gases calientes de combustión (CO_2 , vapor de agua, SO_2 , CO , NO_x , N_2 , O_2).
- Ceniza, o rechazos no combustibles.
- Emisiones líquidas procedentes de aguas residuales, aguas de mantenimiento, o purgas de las torres de refrigeración.

3. Tratamiento biológico:

Dentro de este tratamiento se puede encontrar dos opciones:

- Digestión anaerobia o biometanización.

Consiste en acelerar artificialmente el proceso biológico de los residuos en ausencia de oxígeno. De esta manera se obtiene una mezcla de gases en la que predominan el metano y CO_2 (99% del total). Ese metano generado se puede utilizar para la producción de energía.

- Compostaje o abono orgánico:

Consiste en transformar la materia orgánica en compost que será utilizado posteriormente como fertilizante. Esta transformación se lleva a cabo en condiciones normales de oxígeno, y condiciones controladas de temperatura, humedad y pH. En función de la procedencia de los biorresiduos, el proceso para obtener el compost será distinto. El principal problema que se puede encontrar en estos casos es la generación de malos olores y la presencia de vectores sanitarios.

Como se puede observar, sea cual sea el destino que se dé a los biorresiduos, siempre se encontraran unos problemas concretos que se pueden resumir en los siguientes:

✓ Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

El metano es el principal gas emitido pero no el único, al igual que los biorresiduos no son los únicos que generan estos problemas. De tal manera en la Figura 3 se puede ver la evolución de la generación de estos gases de efecto invernadero y destaca que la principal causa sea el tratamiento y la eliminación de residuos en general.

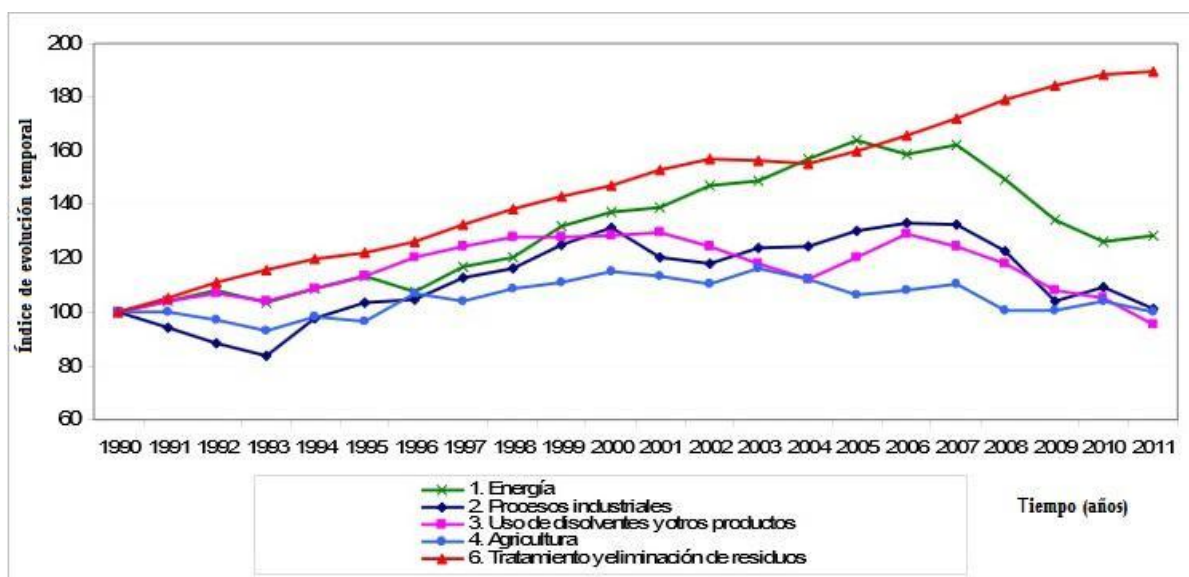


Figura 3. Evolución de las emisiones de GEI por grupos de actividad. (MAGRAMA).

A la vez, dentro de la eliminación de residuos, esta generación de gases de efecto invernadero proviene de distintos tratamientos como refleja la Tabla 3, como son el depósito en vertedero principalmente, o la incineración.

Tabla 3. Emisiones de GEI estimadas en 2010 (KTn CO₂-eq). (MAGRAMA).

Categorías	Total GEI
6. Tratamiento y eliminación de residuos	13.775,96
Depósito en vertederos	11.773,80
Incineración de residuos	11,59
Tratamiento de aguas residuales	1.953,81
Otros	36,77

- ✓ Contaminación de suelo y aguas subterráneas.

El lixiviado de vertederos es el principal causante de este problema.

- ✓ Malos olores y aparición de vectores sanitarios.

La mala gestión de los distintos destinos en que acaben los biorresiduos puede provocar esta situación.

- ✓ Otros problemas no ambientales a tener en cuenta, como el difícil manejo y gestión o los costes que suponen en cuanto a gestión o transporte.

2. CONSIDERACIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL COMPOSTAJE

La gestión de los residuos es, sin duda, una gran oportunidad de negocio para cualquier país, lo que provoca que en muchas ocasiones se olviden los fundamentos biológicos del compostaje frente a los intereses de las grandes empresas constructoras o fabricantes de maquinaria. El compostaje se valora en base al dinero que se recupera de la venta del compost o por la entrada de los residuos orgánicos. En otros tratamientos o destinos, por el contrario, se valora más su efecto sobre el entorno, lo que exige conseguir una buena comparación de destinos y tratamientos para valorar cuál es el más adecuado en cada circunstancia. La comparación de los sistemas biológicos de tratamiento podría hacerse a partir del consumo de energía o de la capacidad de degradación de la materia orgánica. Pero para hacerlo de una manera más objetiva se propone hacer un listado de todos y cada uno de los aspectos que deben ser tenidos en cuenta, clasificándolos según sean:

- Ambientales: consumo de agua y energía, emisiones gaseosas, generación de rechazo, impacto ambiental...
- Económicos: inversión, coste de gestión y amortización, vida media, consumo de agua y energía, necesidades de personal, rendimiento...
- Sociales: aceptación, calidad del producto final, participación, coste del tratamiento, generaciones de molestias, ahorro de vertederos y de recursos naturales...
- Técnicos: posibilidad de aplicación, tipos de residuos, exigencias iniciales, del proceso y del producto final, versatilidad y flexibilidad, necesidades de control, existencia de experiencia...

A pesar de la historia y la información acumulada que hace incuestionable la necesidad del reciclaje de los residuos orgánicos, en la actualidad en la UE se composte mucho menos del 10% de los residuos orgánicos generados, aunque en algunos países pueda sobrepasar el 30%. Además, muchas de las instalaciones ubicadas en nuestro país no cumplen los objetivos para los que se han o se debían haber construido; están gestionando inadecuadamente los residuos orgánicos y su transformación, lo que provoca: muy bajos rendimientos, emisiones líquidas y gaseosas, productos de mala calidad y en consecuencia poca reducción de la cantidad desviada a vertedero. Se debería aprender de la naturaleza y encontrar nuevas maneras de reaccionar ante las situaciones creadas por nuestro propio desarrollo.

2. 1. Conclusiones

- Variaciones significativas sobre el interés por las prácticas de compostaje a lo largo de la historia.
- La problemática de la existencia de biorresiduos es un hecho innegable, que ha ido en aumento en los últimos años y que se extiende no solo a nivel de la Unión Europea, si no que supone un peligro en todo el mundo.
- Dentro de la producción agrícola de La Rioja destaca el cultivo de champiñón. Supone un problema por la gran cantidad de residuo al que da lugar. Las instalaciones existentes son insuficientes.
- Se da preferencia a las técnicas de recuperación y de posible utilización de esos biorresiduos como materia prima. Su acumulación en vertederos y la incineración causan graves problemas medioambientales, sociales, de salud.....
- Tendencia generalizada a revalorizar los biorresiduos y a una economía circular. Los biorresiduos deben ser vistos como recursos, más que como residuos.
- La transformación de la mentalidad que ve la valorización de los residuos como una verdadera necesidad, conociendo la capacidad limitada del planeta y de los recursos. Hay que tener una visión de estas técnicas que va más allá del aspecto puramente económico.
- Para lograr los objetivos establecidos por una legislación cada vez más exigente y solucionar el problema de la gestión de residuos postcultivo de champiñón, resulta de vital importancia el establecimiento de otra planta de reciclado de materia orgánica.

3. MEJORAS DE LA APLICACIÓN DE COMPOST AL SUELO

El tipo de suelo mediterráneo, y en general el de casi toda España, es un suelo propenso a la erosión y desertificación, fácilmente degradable, que requiere un especial aporte de materia orgánica continuado.

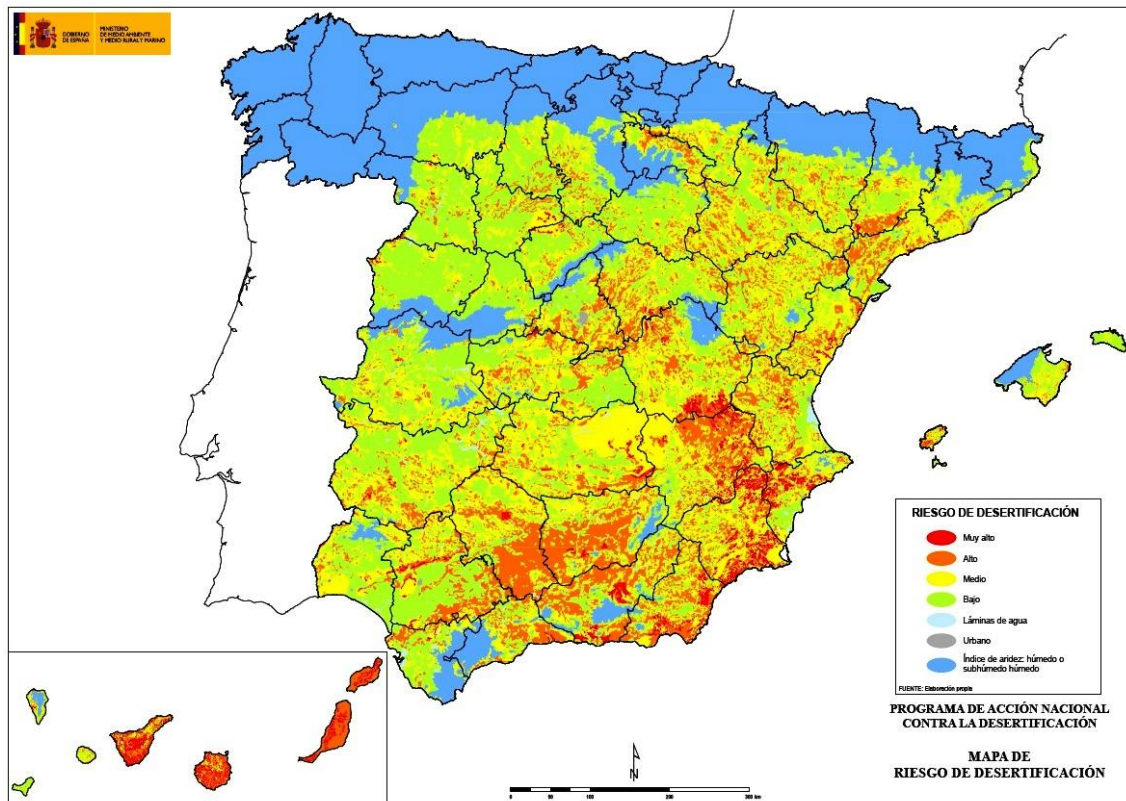


Figura 4. Mapa de riesgo de desertificación de España.

El mapa de los suelos de España con el contenido de materia orgánica, elaborado por el INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria) en 2009, muestra que, con excepción de algunas zonas en Galicia y Norte de la Península, una parte importante de los suelos tiene un contenido en materia orgánica muy bajo, que oscila entre el 1 y el 2%.

Un aporte extra de materia orgánica al suelo en forma de compost sería beneficioso por numerosos motivos, algunos de los cuales se detallan a continuación:

3.1. Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo

EFFECTOS FÍSICOS

- **Introducción**

Los vegetales toman del suelo agua y nutrientes y los animales toman los compuestos reducidos de los vegetales. Los residuos de animales y vegetales vuelven al suelo, constituyendo su materia orgánica, que se descompone por la acción de microorganismos en un proceso continuo de humificación y mineralización.

En el suelo se dan muchos procesos de intercambio de gases, nutrientes y energía que afectan al posicionamiento de los microorganismos y al de componentes específicos de la materia orgánica en el perfil del suelo.

Además, es importante tener en cuenta que en nuestras condiciones climáticas mediterráneas la dinámica de la estructura de los suelos está completamente ligada al agua. Esto quiere decir que un suelo será fértil si está físicamente preparado para soportar un probable estrés hídrico temporal por déficit o por exceso.

Se han extraído las conclusiones de varios estudios realizados en suelos mediterráneos en los que el aporte de enmiendas orgánicas ha resultado en una mejora de las características hidrofísicas y de la gestión del agua, recuperando así cualidades de fertilidad. Los principales efectos estudiados se detallan a continuación:

- **Efectos sobre la compactación del suelo**

La compactación del suelo es un proceso degradativo de su estructura que está directamente ligado a las técnicas utilizadas para su manejo y fundamentalmente a las de laboreo del suelo con maquinaria pesada. Numerosos estudios se han desarrollado en este sentido, mostrando los beneficios de la adición de enmiendas orgánicas revelando la materia orgánica como un regulador de la elasticidad de los suelos (Ingelmo e Ibáñez (1998), Holz y col. (2000) y García Camarero (2000)).

La densidad aparente del suelo es un parámetro físico que sirve para evaluar el grado de compactación de un suelo. Según los experimentos de Albaladejo y Díaz (1990) y Felton (1995), la adición de enmiendas orgánicas en la superficie del suelo da lugar a reducciones de su densidad aparente e incrementos en la porosidad y en la macroporosidad.

- **Efectos sobre la estabilidad de los agregados del suelo.**

Kay y Angers (2002), Albiach y col. (2001), Dinel y col. (1992) estudiaron el efecto de la adición de materia orgánica al suelo sobre la estabilidad de los agregados del mismo. En todos los casos se detectó un aumento de la estabilidad, dependiendo de factores como el método de incorporación y de la dinámica de su descomposición, la dosis y tipo de enmienda aplicada, el tipo de suelo, el período de muestreo, temperatura y contenido de agua del suelo.

Además, también se han detectado modificaciones en otros parámetros como aumento del tamaño de los agregados y generación de agregados más estables de forma transitoria o persistente (Tisdall y Oades, 1982).

- **Efectos sobre la retención y el almacenamiento de agua en el suelo**

La adición al suelo de enmiendas orgánicas provoca, en general, aumentos tanto de la capacidad de retención del agua, como de su capacidad de almacenamiento e incluso una menor repercusión en la modificación del almacenamiento de agua.

Esto se deriva directamente del efecto que dichas enmiendas orgánicas ejercen sobre los agregados del suelo que conforman una estructura con un reparto equilibrado de sus poros entre macro, meso y microporos (Kay y Angers, 2002) y a cómo dichos cambios estructurales se mantienen estables frente a los procesos degradativos del manejo, de la erosión hídrica, eólica y del fuego (Ingelmo y col., 2007).

- **Efectos sobre la infiltración, la escorrentía y la erosión hídrica del suelo**

Las acciones para atenuar la escorrentía superficial deben dirigirse al control de los parámetros que tienen influencia sobre sus mecanismos de generación. Estos son fundamentalmente el sellamiento de la superficie del suelo, el almacenamiento de agua y la capacidad de retención del agua.

La aplicación de una enmienda orgánica compostada sobre la superficie del suelo, ejercerá un efecto de acolchamiento que hará que disminuyan tanto los efectos de sellamiento del suelo debido al impacto de las gotas de lluvia, como las pérdidas de agua por evaporación directa desde la superficie, y que aumenten por ello la velocidad de infiltración y la capacidad de retención y de almacenamiento del agua en el suelo. Ejemplos de estas afirmaciones se demuestran en los estudios realizados por Schulten y col. (1993), Ingelmo e Ibáñez (1998), Holz y col. (2000), García Camarero (2000) y Albaladejo y Díaz (1990).

EFFECTOS QUÍMICOS

- **Introducción**

Desde los inicios de la utilización del suelo como fuente de alimentos, se ha reconocido a la materia orgánica como factor crucial en la productividad y en la fertilidad natural. Con el paso progresivo de sistemas de agricultura de subsistencia a utilizaciones más intensivas del suelo, se ha producido una alteración de los ciclos biogeoquímicos naturales vegetación-suelo, que fundamentalmente inciden en la no restitución de una parte considerable de la biomasa producida. Otro efecto importante es el impacto de las labores culturales que, al aumentar la aireación y la actividad biológica, aumentan la tasa de mineralización de los compuestos orgánicos del suelo.

Las propiedades químicas que se detallan a continuación han sido mejoradas como consecuencia del aporte de enmiendas orgánicas.

- **Efectos sobre la capacidad de intercambio catiónico**

Las partículas de arcilla presentes en el suelo poseen cargas negativas en su superficie que atraen a los cationes, dando lugar a un entramado donde se sobreponen los componentes coloidales orgánicos propios del suelo o los procedentes de la enmienda orgánica. La interacción humus-arcillas da lugar al desarrollo del complejo de intercambio iónico del suelo, auténtico regulador de numerosos e importantes procesos químicos y biológicos, incluyendo la regulación de nutrientes.

Entre la superficie del complejo y las soluciones del suelo se establece un equilibrio dinámico en el que continuamente se producen intercambios iónicos. La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) se define como la capacidad que tiene el suelo de retener e intercambiar cationes.

Los trabajos desarrollados por Senesi y col. (2005) y Loveland y Web (2003) muestran esa importante contribución de la materia orgánica a la CIC en diferentes situaciones, que varían dependiendo del tipo de suelo y el período de estabilización y maduración del compost.

- **Efectos sobre la regulación del pH y la retención de iones.**

El suelo es un medio de lenta variación en sus valores de pH, es decir, se comporta como un sistema tampón o amortiguador, ralentizando los bruscos cambios que podría ocasionar la presencia de ácidos o bases. Esta característica se debe en gran parte a los compuestos orgánicos del complejo de cambio y es un factor de estabilidad para la actividad microbiana y para la nutrición de las plantas.

En los suelos ácidos los compost actúan elevando el pH por lo que, además de mejorar las condiciones microbiológicas, mejoran las condiciones de disponibilidad de nutrientes y por ello, en algunos casos se suelen utilizar como enmiendas o mejorantes.

En los suelos neutros o básicos, la adición de compost maduros no provoca cambios apreciables de pH pero sí mejora su poder amortiguador químico y su capacidad de retención iónica. Este efecto es muy importante cuando los compost son maduros y, con las dosis adecuadas ha dado pie al desarrollo de tecnologías de uso de los suelos como sistemas de filtración y depuración de sustancias tóxicas.

- **Efectos sobre la nutrición nitrogenada**

Gran parte de los problemas derivados de la utilización de fertilizantes nitrogenados sintéticos, deriva de su rápida solubilidad y de la carga eléctrica negativa del anión nitrato. Los procesos de disolución en el suelo pueden originar importantes concentraciones localizadas de nitrógeno mineral (fundamentalmente amonios y nitratos) que facilitan las pérdidas por lixiviación, volatilización, inmovilización y desnitrificación, contribuyendo a su escasa eficacia de utilización por las raíces y provocando problemas de contaminación en aguas superficiales y subterráneas. Estos problemas son particularmente preocupantes en zonas de agricultura intensiva (Rubio y col., 2006). En este sentido la utilización de residuos orgánicos aporta una gran ventaja por su comportamiento como fuente de nitrógeno de liberación lenta (Rubio y Hauck, 1986).

Por otra parte, el nitrógeno orgánico que no es mineralizado en los periodos iniciales después de su aplicación, queda almacenado en el suelo y posteriormente es liberado progresivamente en los siguientes cultivos.

La velocidad de liberación del nitrógeno varía enormemente con los distintos tipos de residuo (Castro y col., 2006). Un factor clave es la relación C/N y se considera óptima cuando ésta se sitúa entre valores de 30:1 a 35:1 (Sikora y Szmids, 2004).

- **Efecto sobre la nutrición fosfórica, potásica, cálcica y magnésica**

El fósforo (P) en el suelo sufre una serie de transformaciones hasta dar lugar a compuestos precipitados que no pueden ser utilizados por las plantas (del total de P en el suelo, solo en torno a un 1% se encuentra en forma disponible para las plantas). Sin embargo, la disponibilidad del fósforo orgánico es mucho mayor, de ahí la importancia estratégica de la aplicación de compost en la nutrición fosfórica (Vogtmann y col., 1993). Además, las enmiendas también pueden mejorar la capacidad de absorción y disponibilidad del fósforo presente en el suelo.

El potasio (K) no suele ser un elemento muy limitante en la nutrición de las plantas de cultivo pero sí es muy móvil en el suelo, por lo que es fácilmente lixiviado y su porcentaje

disponible es muy reducido. Como contrapartida, la disponibilidad del K del compost para las plantas, puede ser mayor del 85% del contenido total (Vogtmann y col., 1993).

Los niveles de calcio (Ca) y magnesio (Mg) suelen ser suficientes para cubrir las necesidades de las plantas en la mayoría de los suelos neutros o básicos. Más que escasez, en algunos casos el exceso de calcio en solución puede crear problemas de nutrición. Sin embargo, en los suelos ácidos la falta de calcio o de magnesio sí que puede constituir un serio problema. En estos casos y en las situaciones de desequilibrios Ca-Mg, los aportes provenientes del compost pueden favorecer significativamente la nutrición cálcica y magnésica de los cultivos.

- **Efecto sobre los micronutrientes**

Los micronutrientes son elementos esenciales para los cultivos y para la dieta humana. En suelos calizos suele haber deficiencias de Fe, Cu y Zn debido a su escasa disponibilidad. En estos casos las enmiendas de compost pueden mejorar la situación.

En los casos del Zn y el Mn, por ejemplo, nos encontramos normalmente con solubilidades muy elevadas que facilitan la disponibilidad para las plantas. Sin embargo esto también puede generar toxicidades por exceso, como se ha visto con el Zn (García Gil y col., 1999).

Un efecto indirecto de la adición de micronutrientes es el aumento total de la masa de microorganismos y de la actividad enzimática, aportando por tanto una mejora general de la fertilidad del suelo.

3.2. Efecto de la aplicación del compost al suelo sobre las propiedades biológicas del suelo

- **Introducción**

La actividad biológica del suelo, y de forma más concreta la microbiana, juega un papel clave tanto en la estabilidad como en la fertilidad del sistema edáfico, dado que interviene en los procesos de estructuración y es protagonista principal de los ciclos biogeoquímicos (Marcote y col., 2001).

A continuación se consideran los aspectos más importantes en los que tiene su efecto la aplicación de compost al suelo desde una perspectiva biológica.

- **Compost en suelo: influencia sobre la microbiota edáfica**

La presencia de un compost de calidad en el suelo contribuye a mejorar las características estructurales del mismo, incrementado de este modo su disposición para actuar como hábitat idóneo para microbiota edáfica. Esto se traduce en incrementos en la población, en el número de comunidades y en los niveles de actividad (Sánchez-Monedero y col., 2004; Pérez de Mora y col., 2006). Un segundo motivo para incorporar compost al suelo es la importante aportación nutricional que supone para las poblaciones microbianas (Pérez Piqueres y col., 2006). Y aún existe un tercer argumento: la propia riqueza que el producto puede aportar (García Gil y col., 2000).

La influencia del compost sobre la población microbiana del suelo no se limita a aspectos cuantitativos. De hecho, la aplicación sobre un mismo hábitat de distintos tipos de compost puede generar diferencias en los niveles de actividad detectados, tal y como muestran los estudios realizados por Albialch y col. (2000) y Ros y col. (2007). Esta variabilidad puede ser de especial interés en determinados procesos en los que se requiera una mayor participación de especies concretas, tal y como sucede en tratamientos de biorremediación y recuperación de suelos.

- **Efectos de la aplicación del compost sobre el desarrollo y producción vegetal**

En el sector agrícola, concretamente en horticultura, se aplican hoy día distintos tipos de compost como alternativa a las turbas y otros sustratos utilizados para favorecer el crecimiento vegetal. Sus aplicaciones van desde servir como fuente de nutrientes o como cubierta para mantener la humedad de los suelos, hasta ser útil como producto que fomenta la presencia de antagonistas de enfermedades vegetales. Existen, por tanto, buenas perspectivas de mercado para este producto natural debido a que, en general, los agricultores conocen los efectos nocivos de la aplicación excesiva de fertilizantes inorgánicos, tales como la

desertificación y mineralización que sufren en la actualidad los suelos agrícolas (Tejada y col., 2001).

- Efectos directos sobre el crecimiento y producción de los cultivos

En multitud de ocasiones se ha comprobado que la adición de compost a los suelos de cultivo produce una mejora en las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos así como a nivel de producción vegetal. Estudios relacionados con el desarrollo y producción de col y cebolla en suelos fertilizados con compost mostraron valores de productividad significativamente mayores que los suelos control (Smith y col., 1992).

De igual modo, estudios recientes han demostrado que la adición de compost maduro provoca un efecto positivo moderado sobre la concentración de nutrientes en cosechas de maíz, siendo estos datos semejantes a los obtenidos con otros fertilizantes nitrogenados recomendados comercialmente (Wolkowski, 2003).

- Transferencia de elementos traza

Existen técnicas de remediación basadas en el uso de enmiendas que aceleran los procesos que ocurren de forma natural en el suelo para reducir la movilidad y la biodisponibilidad de elementos traza (biosorción, precipitación y complejación) y evitando así que éstos sean transferidos a la cadena alimentaria.

El trabajo llevado a cabo por Madejón y col. (2006), consiguió reducir la concentración y movilidad de elementos traza en suelos tratados en comparación con los no tratados. Además, se observó un crecimiento abundante de vegetación salvaje que parece estar implicada en procesos de fitoestabilización de suelos, ya que puede modificar los hábitats contaminados y hacerlos más accesibles para otras comunidades vegetales. Los resultados obtenidos confirmaron, además, que la aplicación de enmiendas disminuye la transferencia de elementos traza desde el suelo a las partes aéreas de la planta.

• Utilización del compost en el control biológico de plagas

La estabilidad de un suelo depende en gran parte del manejo apropiado de las comunidades microbianas que en él habitan. En este sentido, la manipulación incorrecta de los sistemas agrícolas, podría ocasionar un desequilibrio biológico que se traduciría en la aparición de nuevas enfermedades causadas por patógenos presentes en el suelo.

El empleo de enmiendas orgánicas como una práctica cultural, puede contribuir según Nico (2002) al control de enfermedades provocadas por patógenos vegetales que habitan en el suelo. Son los factores biológicos, los que desempeñan un papel de mayor importancia, interviniendo la microbiota asociada al compost maduro en la actuación como antagonistas efectivos de patógenos del suelo (Hoitink y Boehm, 1999).

Los principales mecanismos biológicos implicados en el efecto supresivo de los antagonistas microbianos presentes en el compost, son la competencia por la disponibilidad de nutrientes o de espacio, la producción de sustancias antibióticas y enzimas líticas, el hiperparasitismo, la inducción de resistencias en plantas (Hoitink y Boehm, 1999), la producción de compuestos volátiles estimuladores o tóxicos a partir del compost y cambios en las propiedades físicas del sustrato o del suelo (Coventry y col., 2001).

3.3. Conclusiones

- El suelo es un sistema complejo de reacciones que sirven de soporte para los organismos que viven en él.
- Agotamiento del suelo por falta de materia orgánica debido a prácticas culturales inadecuadas y al uso de fertilizantes sintéticos.
- Suelo en climas mediterráneos gravemente alterado y empobrecido en materia orgánica.
- Numerosos estudios muestran cómo el aporte de enmiendas orgánicas al suelo confiere una serie de ventajas cuantitativas y cualitativas en el aspecto físico, químico y biológico. Muy buenos resultados en experimentos de recuperación y remediación.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 2. LOCALIZACIÓN Y ESTUDIO DEL MEDIO FÍSICO

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

ÍNDICE

1. CONDICIONANTES DE LA LOCALIZACIÓN	1
2. MACROLOCALIZACIÓN	4
3. MICROLOCALIZACIÓN	5
4. RUTAS.....	17
5. ESTUDIO CLIMÁTICO.....	24
6. ESTUDIO HIDROLÓGICO	24
7. ESTUDIO GEOTÉCNICO	24

1. CONDICIONANTES DE LA LOCALIZACIÓN

La localización es un factor clave en la actividad industrial de la planta de compostaje dado que su influencia económica podría hacer variar el resultado de la evaluación, comprometiendo a largo plazo una inversión haciéndola difícil y de costosa alteración. Por ello, su análisis debe hacerse en forma integrada con las demás etapas del proyecto.

No se trata simplemente de un análisis técnico, sino que el objetivo es la elección que permita mayores ganancias de entre todas las alternativas posibles. La influencia de la proximidad a los puntos de abastecimiento y de venta, unas necesidades climatológicas y litológicas y de espacio son cruciales en el desarrollo de la elección del emplazamiento.

Además del aspecto meramente económico, existen también una serie de consideraciones medioambientales que deben ser tomadas en cuenta para el asentamiento de una planta de estas características.

Las variables más importantes que se han analizado son las siguientes:

- Cercanía de las fuentes de abastecimiento y de mercado.

La cercanía a las fuentes de materias primas, así como la cercanía al mercado influyen en el coste del transporte. En el caso del compost se necesitan grandes cantidades de residuos orgánicos y sobretodo el volumen de materia prima que se debe transportar es mayor que el volumen de producto terminado. Debido a esto prima más la cercanía a las materias primas, pero sin alejarse del mercado. En nuestro caso las fuentes de abastecimiento también están muy próximas, ya que nos encontramos en una zona típicamente agrícola y se establecerá negocio con las cooperativas agrícolas de la zona para venderles nuestro compost.

En primer lugar se identificarán y localizarán las fuentes de materias primas, que son empresas de cultivo de champiñón, granjas de pollos y explotaciones agrícolas de cereal. De todos estos residuos hay que priorizar los que proceden del cultivo de champiñón, por la importante problemática que generan en su lugar de producción.

- Factores ambientales.

Este es un factor que hay que tener en cuenta dado que hay zonas que debido a sus condiciones climáticas extremas impiden el establecimiento de ciertas industrias. Los terrenos para el compostaje de preferencia no deben ser demasiado secos, excesivamente húmedos o con una actividad eólica muy fuerte. La ubicación de proyectos de compostaje en áreas con estas características requieren de la implementación de una mejor infraestructura

para contrarrestar los efectos del clima sobre el proceso. También hay que considerar los vientos predominantes, debido a que durante el proceso de compostaje pueden producirse gases, malos olores o dispersión de partículas de compost y se deberá estudiar si el viento podría afectar a núcleos urbanos. Se tendrá en cuenta además los usos a que se dedican las tierras colindantes, así como la localización de humedales u otros sistemas acuáticos.

El sitio elegido para realizar el compostaje deberá ser de fácil acceso, situado de tal manera que el transporte de los materiales no sea de largo recorrido y tendrá una superficie firme que soporte el tránsito de vehículos bajo diversas condiciones climatológicas.

Se tendrá en cuenta el área disponible ya que el espacio es otro factor necesario, la proximidad a núcleos de población, la visibilidad y el control de los lixiviados. Es conveniente que los sitios de compostaje estén lo menos a la vista que se pueda y mantenerlos lo más atractivos posible, evitando las malas hierbas que siempre dan una imagen descuidada.

Se prefieren suelos con alto porcentaje de arcillas que aseguren una baja permeabilidad contra la infiltración de aguas lixiviadas que podrían llegar a contaminar el suelo y las aguas subterráneas. Sitios con pendientes superiores a 7% no son aconsejables pues además de requerir mayor vigilancia de los lixiviados necesitan un mayor control de la erosión del suelo.

Las zonas con un nivel freático cercano a la superficie también pueden dar problemas.

Para evaluar la posible localización en cuanto a este tipo de factores se realizará un estudio climático de la zona y, más concretamente, de la parcela donde se localizará la planta: tipo de suelo, hidrología, infraestructuras presentes, etc.

- Distancias de separación.

Es importante que exista una zona de amortiguación o distancia de separación entre una instalación de compostaje y los acuíferos y los núcleos de población vecinos para mantener un control de la calidad del agua y evitar factores molestos tales como malos olores, polvo y ruidos. En la Tabla 1 se dan algunas distancias recomendadas basadas en trabajos publicados y en regulaciones medioambientales existentes. Las distancias reflejadas son medidas en horizontal cuando se trata de aguas superficiales y en vertical para aguas subterráneas.

Tabla 1. Distancias de seguridad del área de compostaje a zonas sensibles (Rynk et al., 1992).

Área sensible	Distancia de separación mínima (metros)
Residencias o parque empresariales	15-30
Pozos privados u otras fuentes de agua potable. Humedales o aguas superficiales (ríos, lagos, etc)	60-150
Aguas subterráneas	7
Capa freática	0,6-1,5
Lecho de roca	0,6-1,5

2. MACROLOCALIZACIÓN

Como se ha mencionado con anterioridad la planta de compostaje deberá ubicarse en el entorno de los centros de producción del residuo.

Un total de 198 industrias dedicadas a la producción de hongos están localizadas en La Rioja, la mayoría en la Rioja Baja. La concentración se asienta básicamente en los municipios de Pradejón, Ausejo y Autol, con un 87% sobre el total regional. La planta de compostaje de Pradejón se encarga de gestionar el sustrato de la actividad procedente de las industrias de Pradejón y de Ausejo. Pero su actividad no es suficiente para llegar a gestionar el residuo producido en Autol.

Otra fuente de materia orgánica que resulta interesante para la localización de la planta en Autol son las explotaciones ganaderas donde se producen deyecciones de animales. El problema que presentan los estiércoles es que su producción da lugar a graves problemas de contaminación nitrogenada, ya que su generación está muy concentrada en granjas intensivas. En la Comunidad Autónoma de La Rioja existen regiones que tienen una elevada carga ganadera de determinadas especies. Para el caso de la pollinaza, la producción se concentra en pequeñas zonas entre las que se encuentra Quel, con un censo de pollos de 372.725 en 2014, el máximo de toda la Comunidad Autónoma (Estadística Agraria Regional 2014).

El último residuo que se tratará en la planta procede de la actividad agrícola. Durante las cosechas se producen gran cantidad de residuos que suponen un problema por la forma en que se gestionan, ya que en su mayoría son quemados. La zona de Autol y Quel se encuentra en el valle del Cidacos, un área muy fértil y típicamente agrícola con una buena parte de la extensión del terreno dedicada al cultivo. Esto tiene un objetivo doble. Por un lado es fuente de materia prima para nuestra industria. Se ha valorado de entre todas las producciones agrícolas la de cereal, muy útil para el compostaje y que se cultiva en grandes cantidades y puede dar lugar a mayor cantidad de materia no utilizable en la alimentación, y por lo tanto residuo que no se procesa y que se desecha. Esta fuente, a diferencia de las otras dos, se encuentra más dispersa. Por ello, es de esperar que tengamos que recorrer mayores distancias. En total en La Rioja Baja, 2.888 hectáreas de suelo están destinadas al cultivo de cereal de secano (Estadística Agraria Regional 2014). Por otro lado esta ubicación nos da proximidad al mercado de venta del compost, ya que en Autol un 26-40% de la superficie total es superficie cultivada y en Quel es un 41-60%. Debido a ello, nos encontramos ante una zona en la que podemos encontrar un mercado activo de compost.

Tras el análisis sobre la localización de las fuentes de abastecimiento y venta del compost, se decide ubicar la planta de compostaje en el municipio de Autol.

3. MICROLOCALIZACIÓN

Teniendo en cuenta los condicionantes de localización examinados anteriormente, se hará un análisis más concreto dentro del término municipal de Autol.

- Cercanía de las fuentes de abastecimiento y de mercado.

En primer lugar hay que identificar y localizar las fuentes de materias primas, que son empresas de cultivo de champiñones, granjas y explotaciones agrícolas de cereal.

En Autol se encuentran varias empresas cultivadoras de champiñones. De todas ellas la que más hongos produce es Ayecue, con una producción anual de 8.300 toneladas al año de champiñón, lo que da lugar a unas 166.00 toneladas de sustrato postcultivo. Con el residuo de esta empresa es más que suficiente para proporcionar materia orgánica a la planta de compostaje (Figura 1).

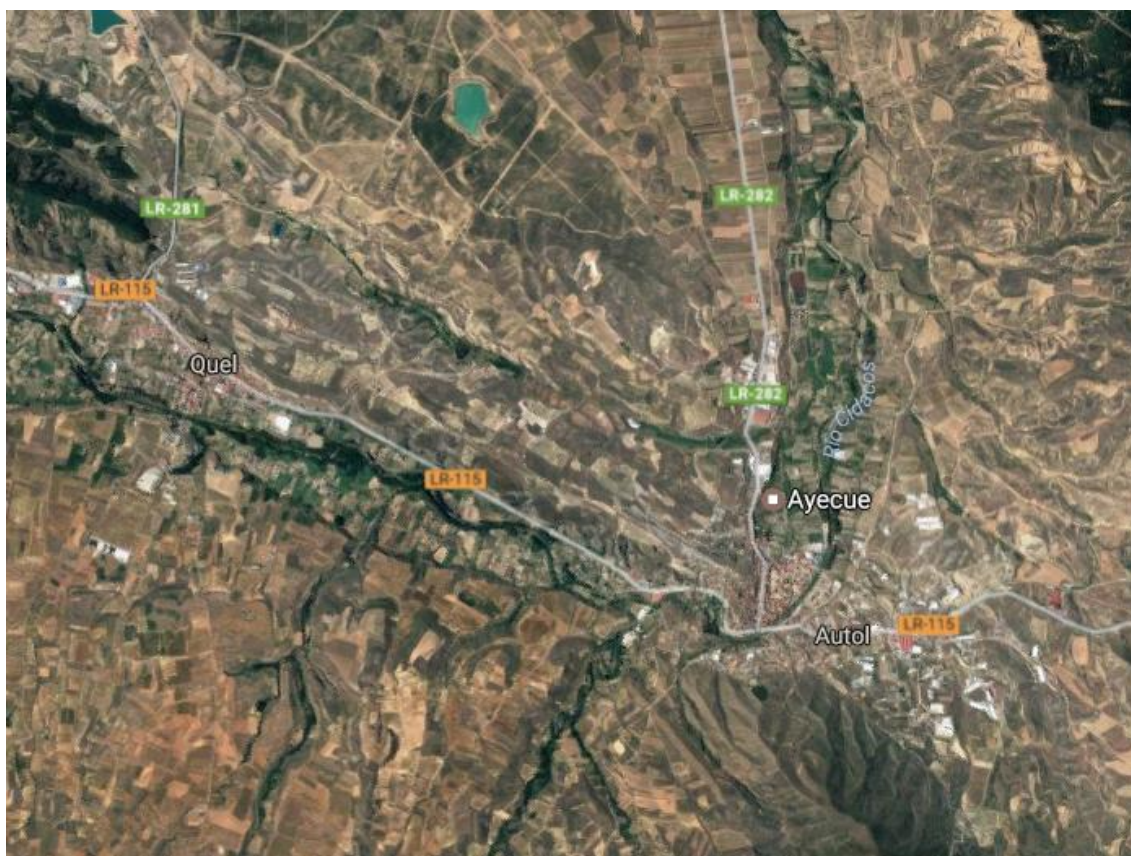


Figura 1. Localización de la empresa cultivadora de champiñones Ayecue (Calle El Gallo, s/n, 26560 Autol, La Rioja).

Otros puntos de abastecimiento de materia prima deben ser explotaciones ganaderas donde se recogerán las deyecciones producidas por los pollos que se encuentran mezcladas con las camas, que constituyen el soporte donde se desarrolla su actividad. Con el censo de pollos presente en Autol no podemos llegar a satisfacer las necesidades de la planta. Quel, en cambio, destaca por su concentración de pollos, los cuales se localizan principalmente en una granja avícola, Avícola Rioja, que cuenta con 11 naves para albergar a 300.000 pollos (Figuras 2 y 3). Su actividad da lugar a 3.300 toneladas anuales de desechos de materia orgánica, cantidad más que suficiente para producir el compost. Además, esta situación permitirá realizar un único viaje para recoger todo el estiércol, evitando la posibilidad de tener que ir por caminos poco adecuados y reduciendo el número de maniobras.



Figura 2. Planta de las 11 naves de Avícola Rioja (Polígono 3, Parcela 243, Quel, La Rioja).

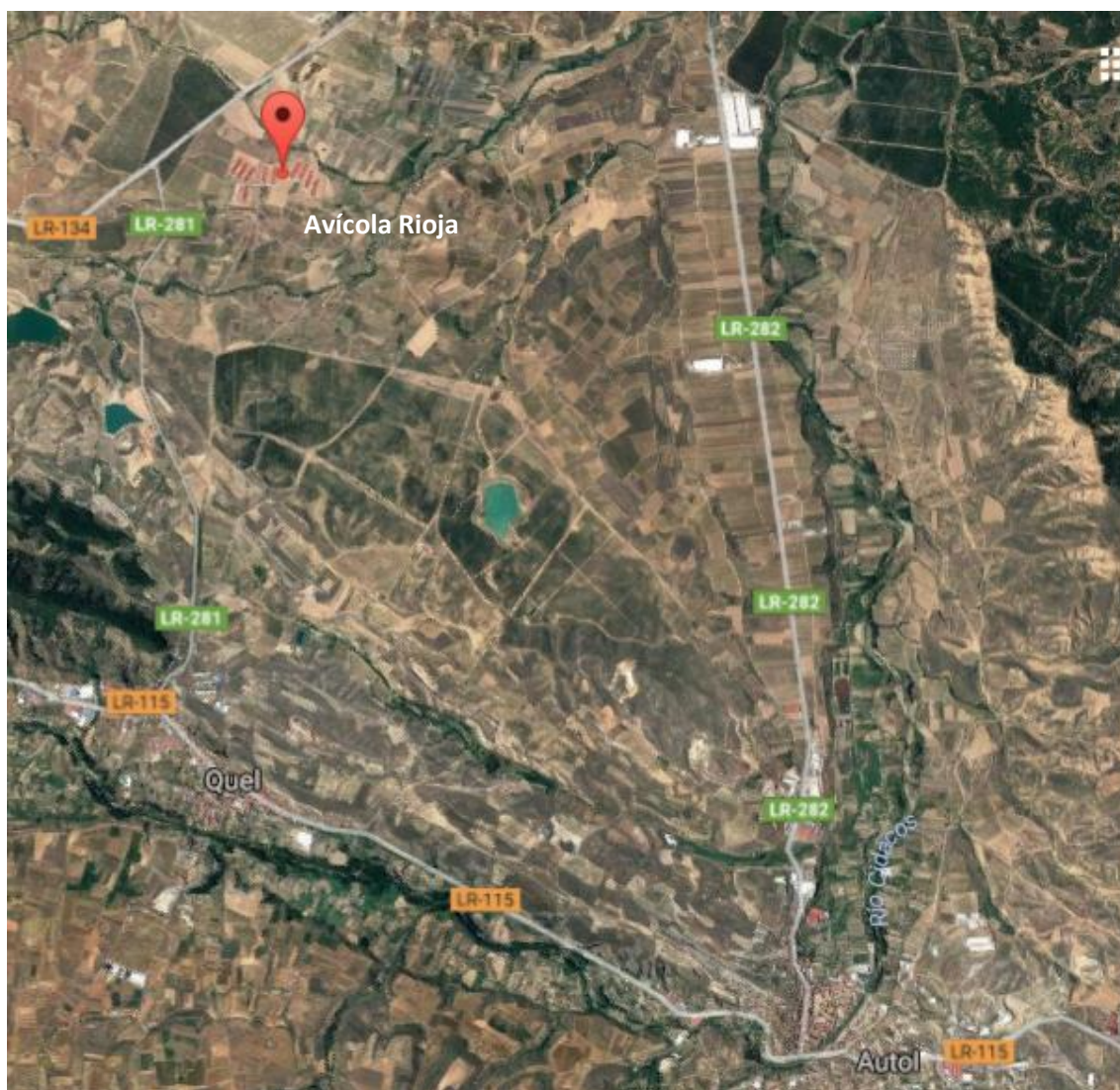


Figura 3. Localización de la planta de cría de pollos Avícola Rioja, en Quel.

Por último, se ubicarán las explotaciones agrícolas de cereal de secano. Las necesidades de paja de la planta son de 9 toneladas diarias. Durante la recolección del cereal, la parte aprovechable para la industria es el grano, que representa una parte muy pequeña de toda la espiga pero una gran parte de su peso. El rendimiento del cultivo de cereal es de 3,95 T/ha y el del grano es de 2,65 T/ha. Eso nos lleva a un rendimiento de la paja de 1,13 T/ha, por lo que para satisfacer la demanda diaria de paja de la planta necesitaremos recoger la paja de 7 hectáreas.

En La Rioja Baja el cultivo de cereal de secano supone una extensión de 2.888 hectáreas, cantidad suficiente para aportar paja a la planta durante todo el año (Figura 4).

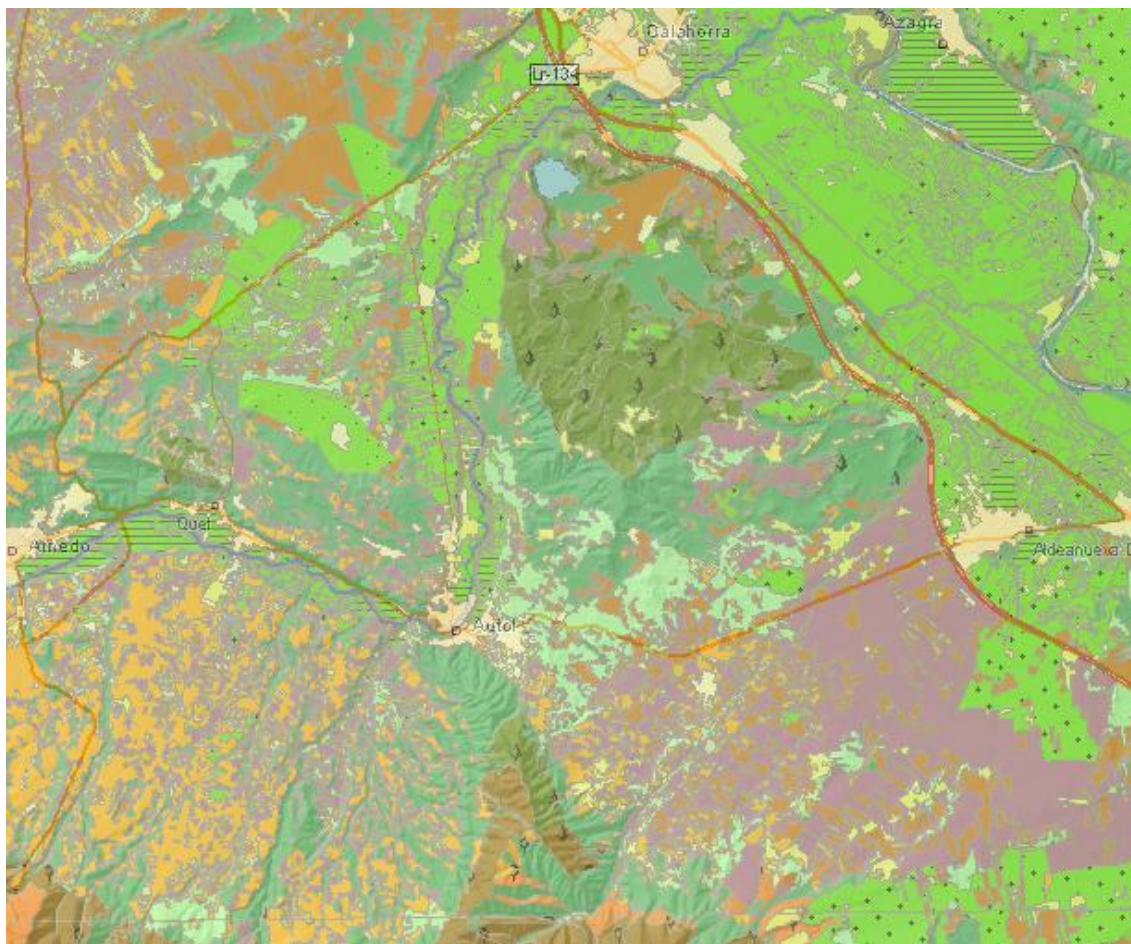


Figura 4. Mapa de cultivos de las proximidades de Autol y Quel.

Uso	
Regadío	Chopo y álamo
Labor secano	Eucalipto
Frutales en secano	Otras frondosas
Olivar en secano	Asociación de coníferas y eucalipto
Viñedo en secano	Asociación de coníferas y otras frondosas
Asociación de viñedo y olivar	Improductivo
Prados naturales	Improductivo agua
Pastizal	Asociación de viñedo y frutales
Matorral	
Pastizal-matorral	
Coníferas	

Atendiendo a la leyenda de usos del suelo, las zonas especificadas como “Labor secano” son las que corresponden al cultivo de cereal.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 2. Localización y estudio del medio físico

Posteriormente, se analizan los puntos de venta del compost final. Como se ha comentado, la zona del valle del Cidacos se caracteriza por su actividad agrícola con una buena parte de la extensión del terreno dedicada al cultivo.

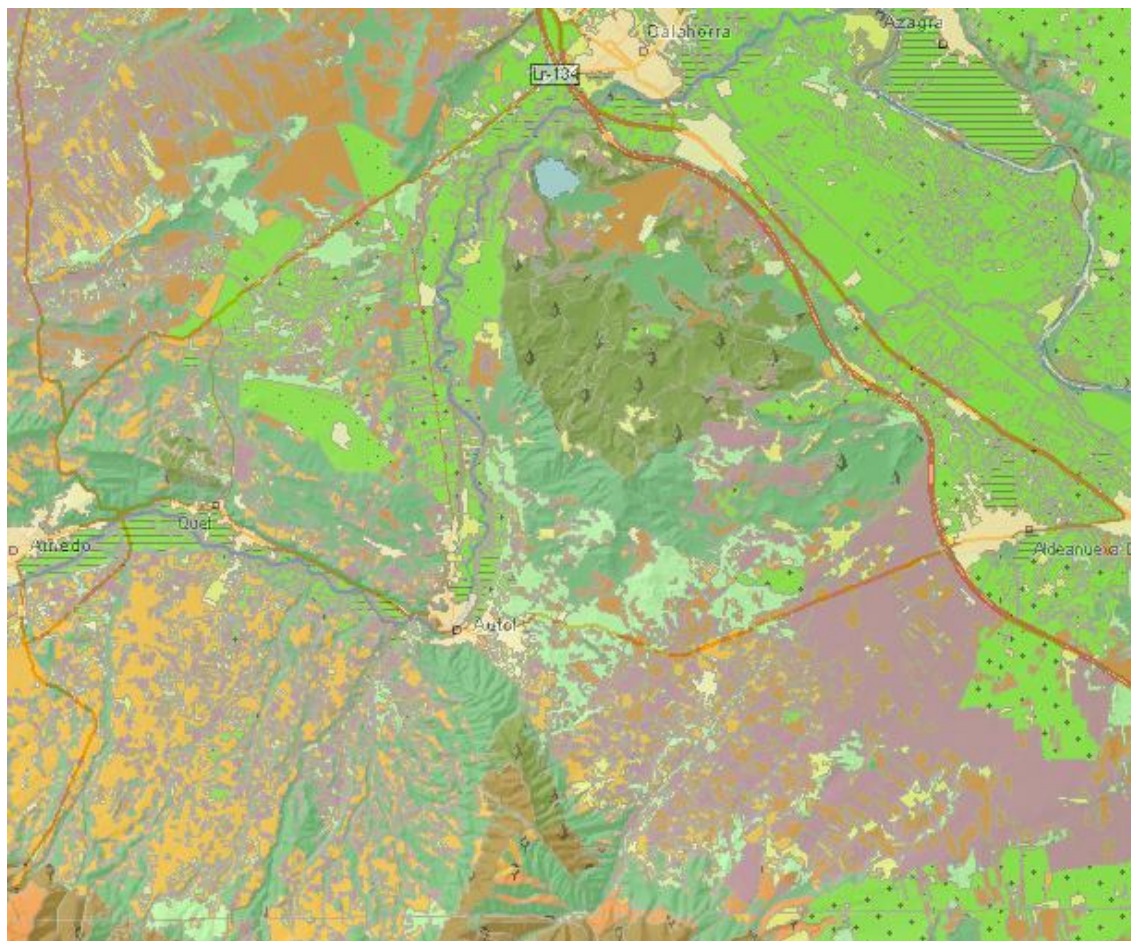


Figura 5. Mapa de cultivos de la zona del valle del Cidacos

Uso

- | | |
|-------------------------------|---|
| Regadío | Chopo y álamo |
| Labor secano | Eucalipto |
| Frutales en secano | Otras frondosas |
| Olivar en secano | Asociación de coníferas y eucalipto |
| Viñedo en secano | Asociación de coníferas y otras frondosas |
| Asociación de viñedo y olivar | Improductivo |
| Prados naturales | Improductivo agua |
| Pastizal | Asociación de viñedo y frutales |
| Matorral | |
| Pastizal-matorral | |
| Coníferas | |

Atendiendo de nuevo al mapa de cultivos se puede ver la gran actividad agrícola que se desarrolla en la zona, por lo que no habrá inconveniente en encontrar cooperativas agrícolas con las que poder negociar la venta del producto. La leyenda de usos del suelo muestra que la mayor actividad es la de regadío, frutales principalmente, y el cultivo de viñedo en secano.

- Disponibilidad de terrenos.

El siguiente paso será el de buscar alguna parcela que permita la actividad industrial con una extensión suficiente para construir la planta y que se encuentre en las proximidades de las zonas de abastecimiento y venta.

La figura 6 muestra el Sector S-2, una zona que cumple con las especificaciones de suelo industrial y que tiene una extensión de 125.562 m² y que por lo tanto permitirá la ubicación de la planta de compostaje (Figura 7). Al ser clasificado como suelo urbano industrial y encontrarse en un polígono, cuenta con toda la infraestructura necesaria para el desarrollo de la actividad: abastecimiento de agua, red de alcantarillado y saneamiento, suministro energético, suministro de baja tensión y redes viales de conexión. Se encuentra al Este de Autol, a 1,5 kilómetros del término municipal (Figura 8).

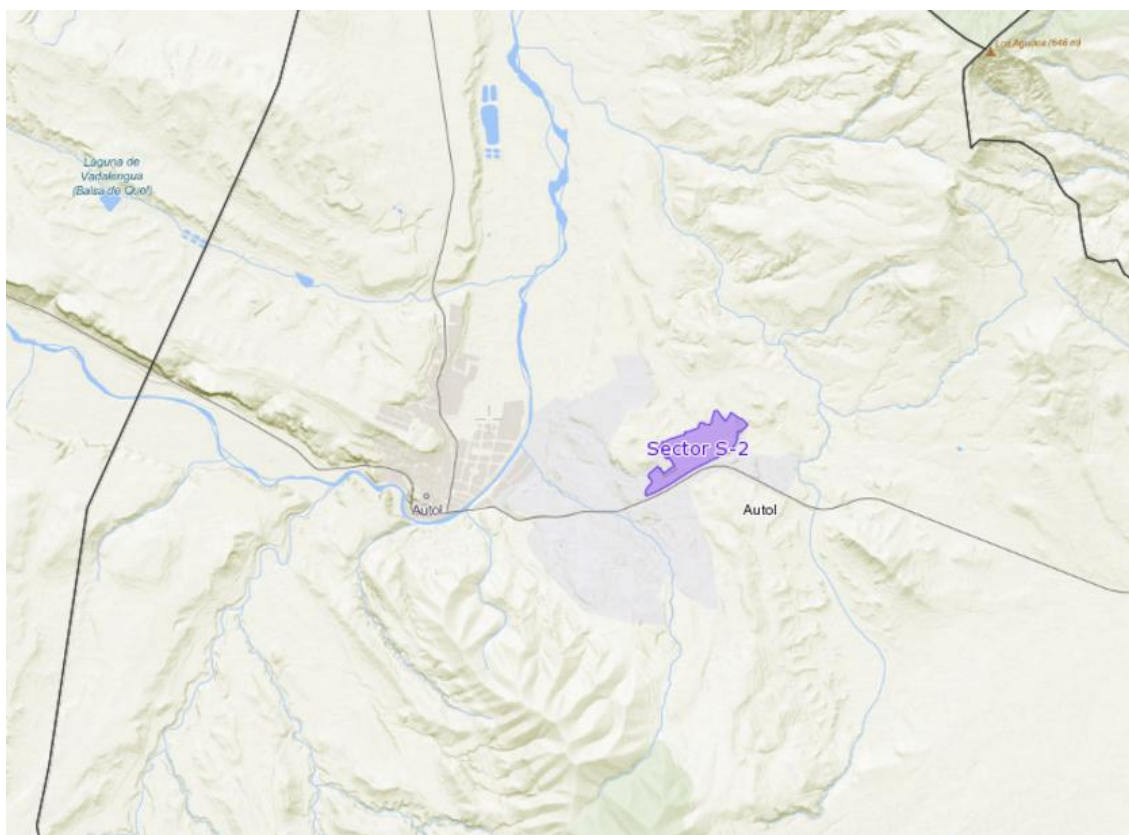


Figura 6. Localización de suelo industrial en Autol, el Sector S-2.

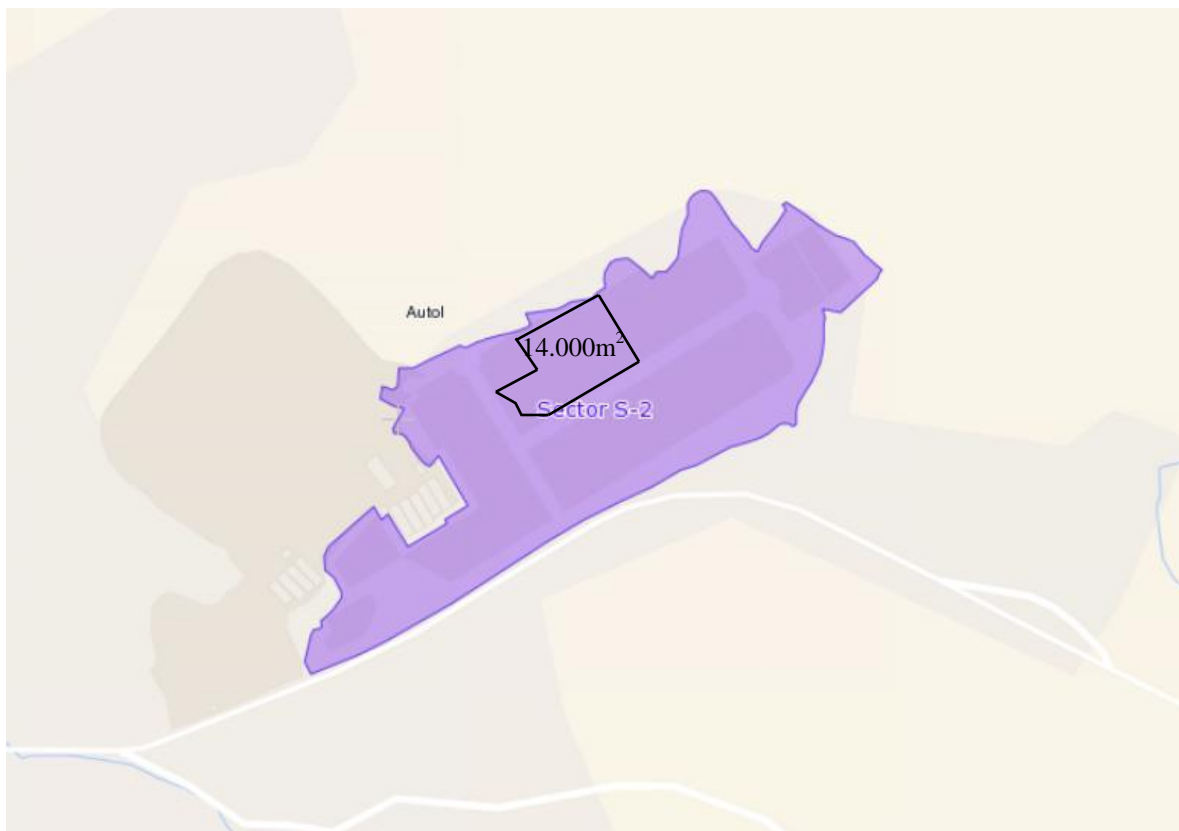


Figura 7. Localización de la planta de compostaje dentro del Sector S-2.



Figura 8. Localización de la planta de compostaje en el término municipal.

Condicionantes urbanísticos del Suelo Urbanizable Delimitado Industrial, al cual pertenece el Sector S-2 (Plan General de Urbanismo de Autol):

- Usos compatibles: B.4; B.5; B.6. Nuestra actividad pertenece al grupo B.4: Industrias menores de manipulación, y primera transformación de productos agrarios.
- Edificabilidad bruta: $0,80 \text{ m}^2 \text{ t/m}^2 \text{ s}$.
- Aprovechamiento medio: $0,8 \text{ m}^2$ construidos, de uso y tipología característicos por cada m^2 del área respectiva.
- Altura máxima del uso característico: 12 m sobre rasante, admitiendo por encima de esta altura solo elementos técnicos.
- Cuerpos volados: Se admite un vuelo máximo de 0,80 m sobre la alineación, en una longitud igual o inferior a 1/3 de la de la fachada.
- Superficie máxima a urbanizar: La totalidad de la zona.
- Retranqueos: 10 m frontales y 5 m restantes de lindes.
- Son permitidos como espacios libres dentro de la parcela, los aparcamientos privados, los viales interiores y los espacios verdes, y obligatorio el cierre de la parcela mediante vallado en toda la línea de su perímetro, así como la existencia de aparcamientos privados de al menos una plaza por cada 100 m^2 de techo construido.

La planta de compostaje cumple con todas las especificaciones urbanísticas.

- Comunicación

Al Sector S-2 se accede por el sur a través de la carretera nacional LR-115, que une Soria con Navarra. Es la principal vía de comunicación para las localidades del valle del Cidacos, siendo el acceso natural a las mismas desde Logroño y Arnedo (Figura 9). Esto permitirá un fácil acceso a las instalaciones de la planta de compostaje. A la altura de Autol se une con la carretera LR-282, que dará acceso a las principales industrias de abastecimiento de materia orgánica. Son carreteras con superficie firme, bien asfaltadas y adaptadas al tránsito de camiones que se produce a diario. Las proximidades de la parcela son terrenos sin edificar, excepto algunos edificios industriales situados al sureste, por lo que las molestias ocasionadas durante el desarrollo de la actividad serán mínimas (Figura 10).

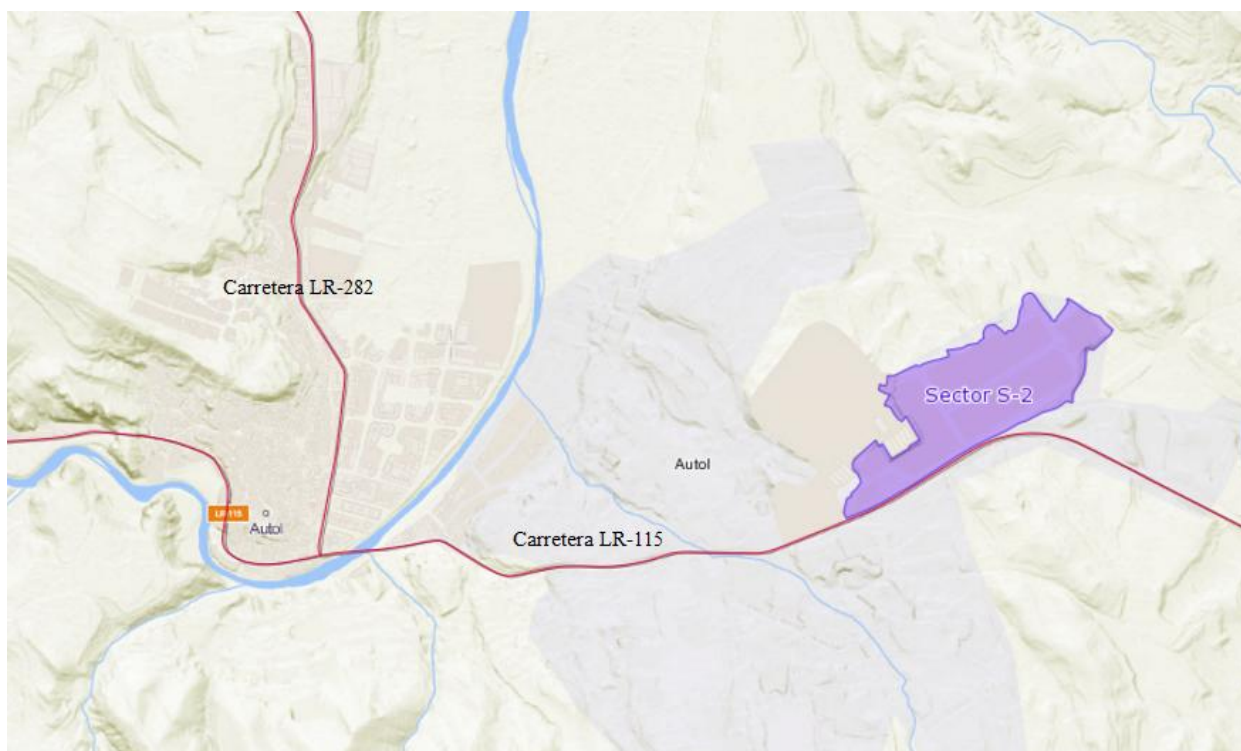


Figura 9. Principales vías de acceso del Sector S-2 en Autol.



Figura 10. Situación de los alrededores del Sector S-2.

- Distancias de separación.

Una vez localizada la parcela, debemos comprobar que el emplazamiento cumple con las distancias mínimas exigidas.

La distancia de separación vertical mínima que debe haber entre un área de compostaje y un área con agua subterránea es de 7 metros. La distancia horizontal es de más de 700 metros, por lo que podemos afirmar que nuestra planta no afectará a ninguna masa de agua subterránea (Figura 11).

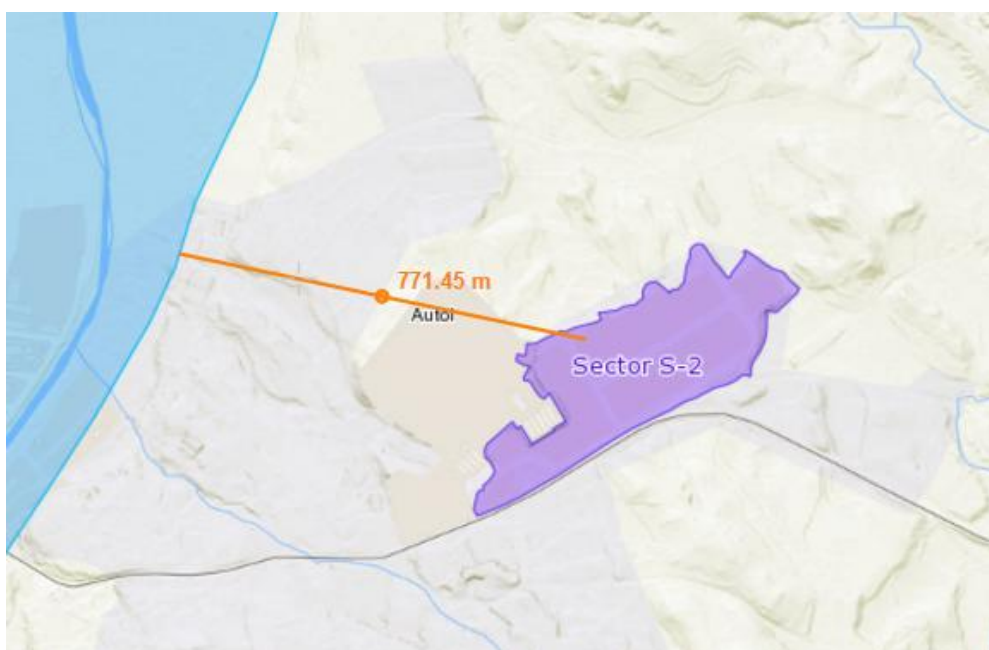


Figura 11. Distancia del Sector S-2 al acuífero más próximo.

La distancia de separación mínima que debe haber entre un área de compostaje y un río es de 150 metros (se toma el valor máximo para mayor seguridad). La distancia horizontal es de casi 700 metros, por lo que podemos afirmar que nuestra planta respeta esa distancia mínima (Figura 12).

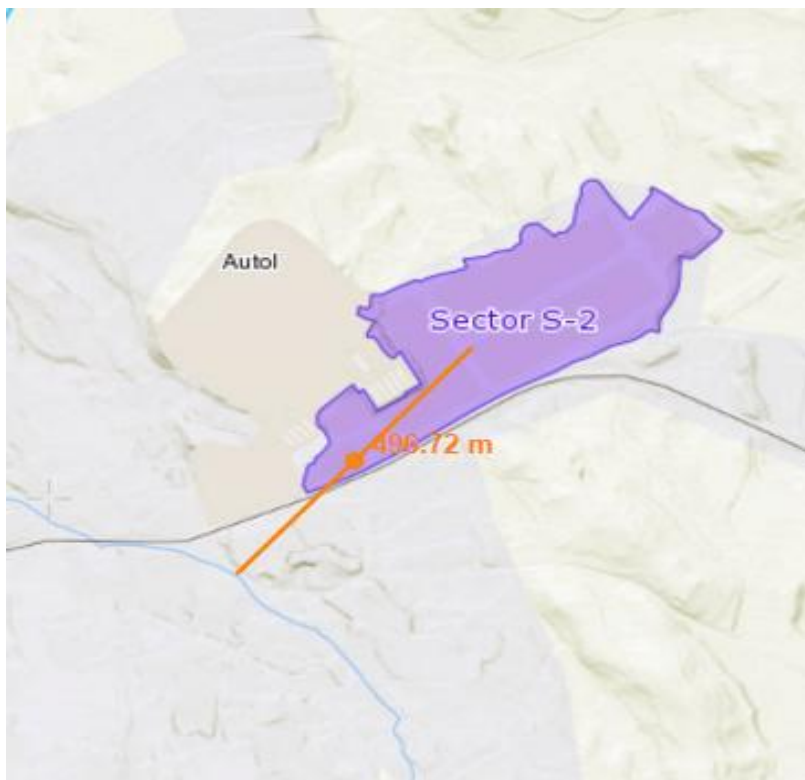


Figura 12. Distancia del Sector S-2 al río más próximo.

La distancia de separación mínima que debe haber entre un área de compostaje y un área residencial es de 30 metros (se toma el valor máximo para mayor seguridad). La distancia horizontal es de 870 metros, por lo que podemos afirmar que nuestra planta respeta esa distancia mínima (Figura 13).

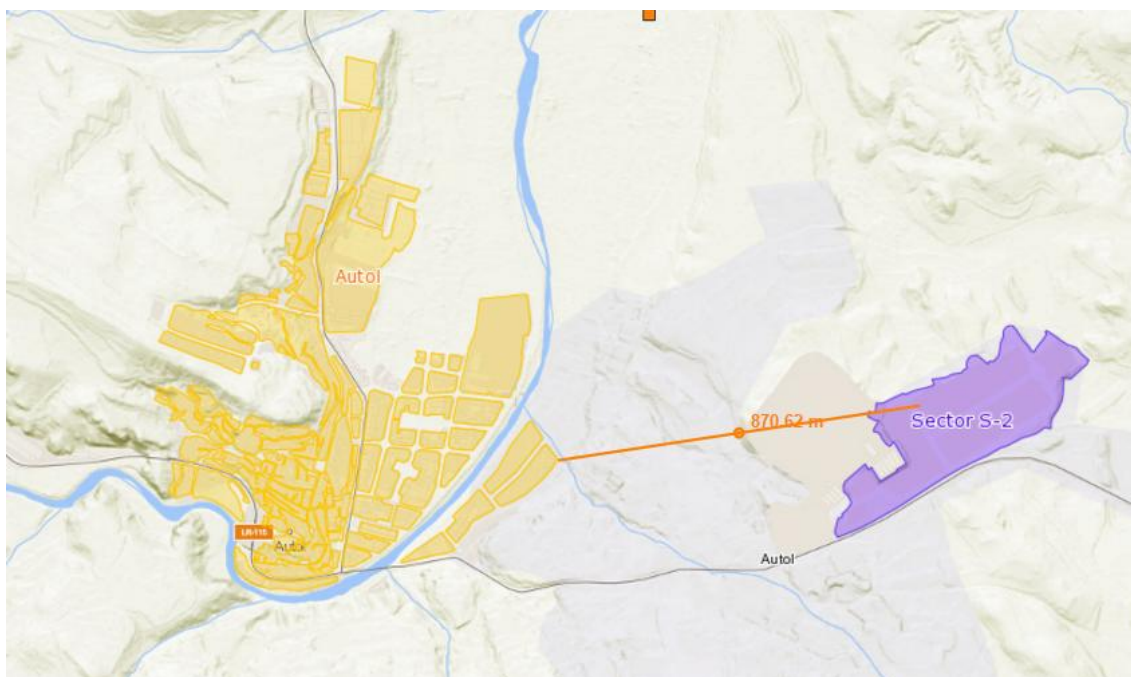


Figura 13. Distancia del Sector S-2 al área residencial más cercana.

Existe una zona vulnerable a la contaminación por nitratos, pero la distancia, de 4,72 kilómetros, es lo suficientemente grande como para afectarla (Figura 14).

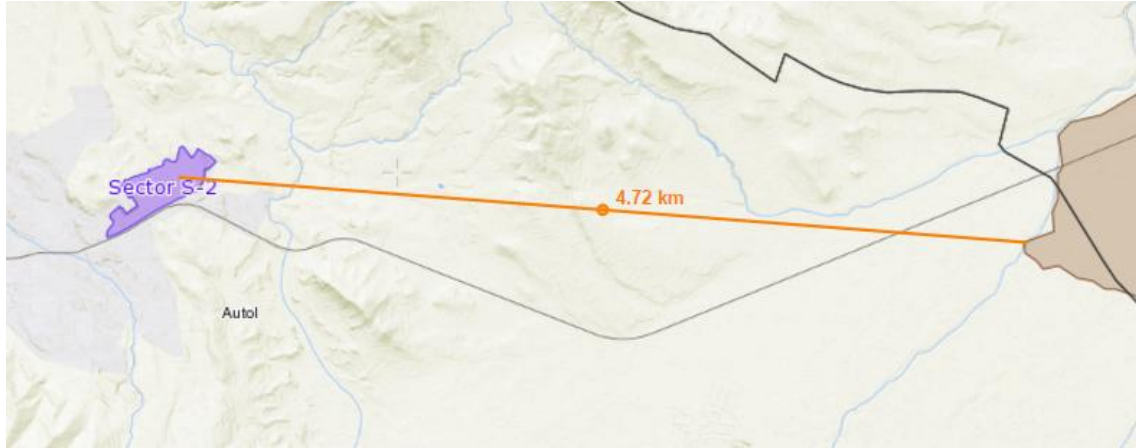


Figura 14. Distancia del Sector S-2 a una zona vulnerable a la contaminación por nitratos.

4. RUTAS

Para poder calcular los costes de transporte, hay que establecer las rutas que realizará el camión para llevar la materia prima de los centros de su generación hasta la planta, y su posterior transporte a los puntos de venta.

Se sabe que al año se recogerán 11.000 toneladas de sustrato postcultivo de champiñón. Si se trabajan 300 días al año, el número de toneladas que tendrán que entrar a la planta al día será de 36,6. La misma estimación se hace con la pollinaza, con 2.300 toneladas al año y 7,66 toneladas diarias; y con la paja, con 2.700 toneladas anuales que suponen 7 toneladas diarias. La recogida de materia orgánica se realiza 5 días a la semana. A partir de este punto, se diseñarán las rutas que realizará el camión.

- Recogida de la pollinaza.

Existen varias opciones para ir hasta la granja avícola de Quel. El recorrido elegido no es el más corto ni el más rápido, pero es una ruta que no atraviesa Quel y pasa por las afueras de Autol. Así evitamos posibles malestares que se puedan causar sobre sus habitantes (Figura 15). Este recorrido habrá que realizarlo una vez al día, ya que la capacidad del camión permite recoger todo el estiércol de una sola vez.

Otro motivo de la elección de esta ruta es que un tramo pasa por la carretera LR-282 que es paralela al río Cidacos, zona con gran producción agrícola. Esto significa que son puntos fuertes de venta de compost. Así, podemos aprovechar el viaje de ida transportando el compost terminado.

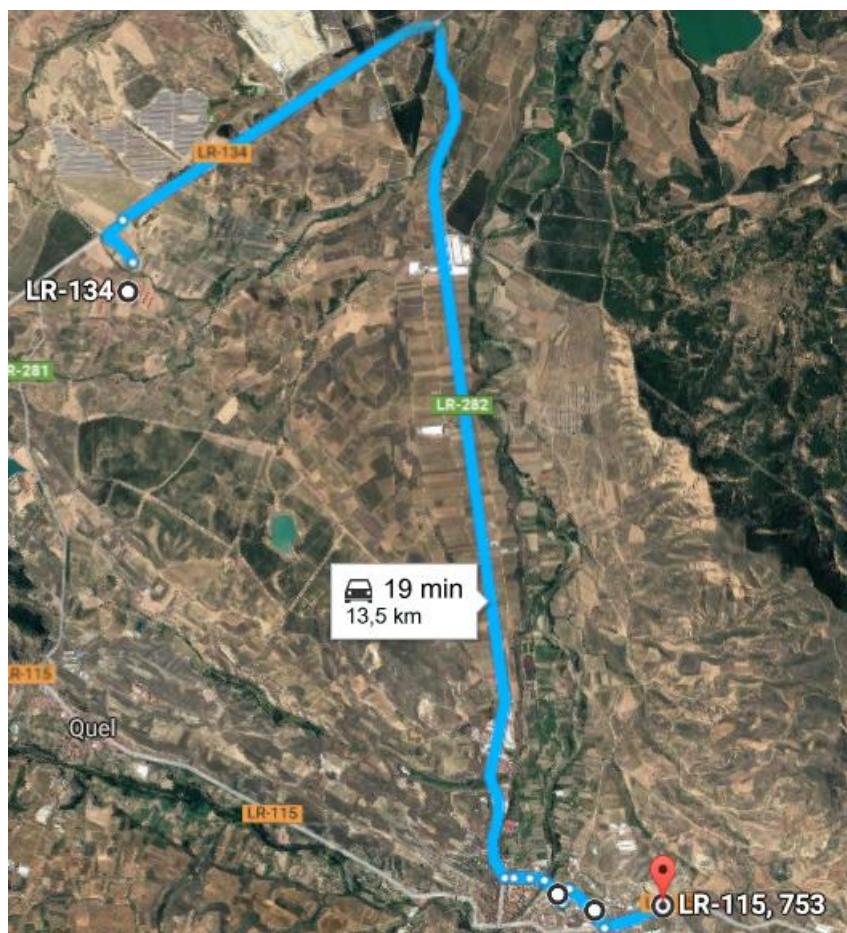


Figura 15. Ruta planificada desde la planta hasta Avícola Rioja.

- Recogida del sustrato postcultivo de hongos.

El motivo de la ruta elegida para llegar hasta Ayecue es el mismo que en el caso anterior, evitar pasar en la medida de lo posible por núcleos urbanos con el fin de no causar molestias por ruidos, olores, polvo.... (Figura 16). Además esta ruta también nos permitirá aprovechar el viaje de ida para transportar compost hasta los puntos de venta.

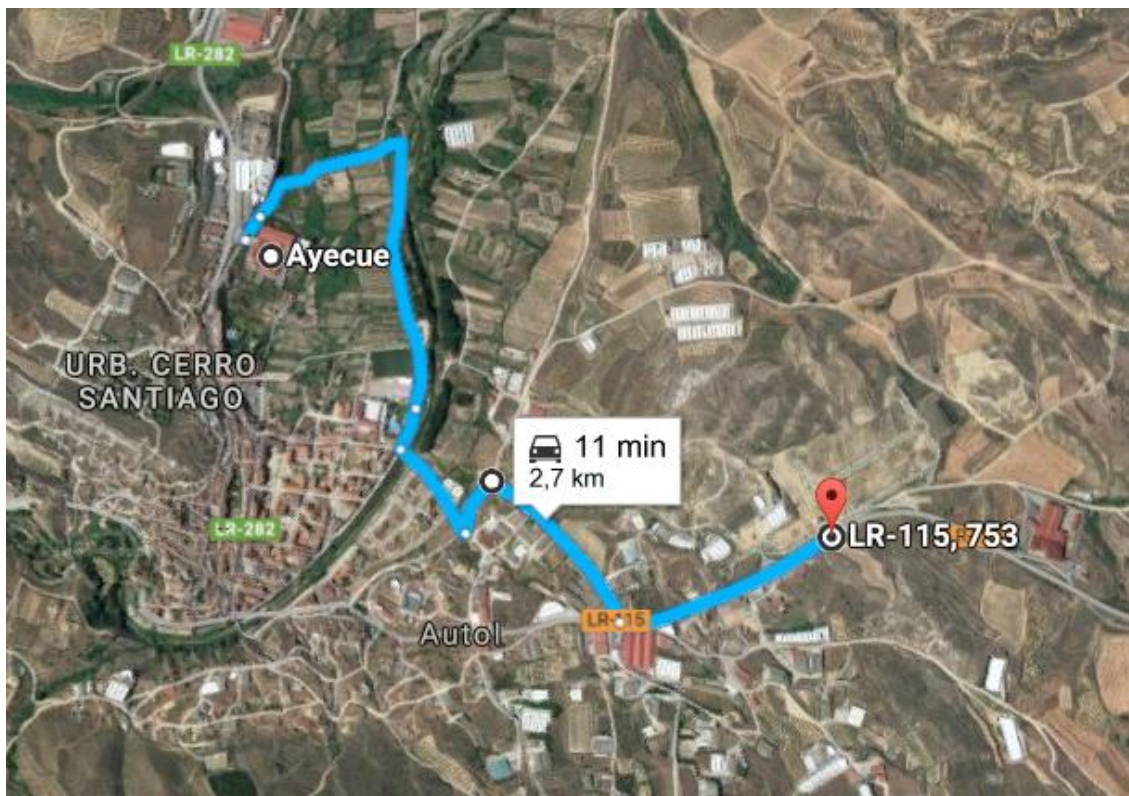


Figura 16. Ruta planificada desde la planta hasta Ayecue.

- Recogida de la paja.

La planificación de las rutas para recoger de la paja es más complicada, ya que se trata de un residuo que está menos concentrado. Su localización se encuentra en determinadas parcelas de diferentes tamaños dispersas y repartidas en varios municipios. Además, muchas veces las zonas de cultivo se encuentran en terrenos complicados, no asfaltados y con elevadas pendientes, que dificultan e impiden el paso del camión. Por ello, se ha dividido la zona en parcelas y se ha llegado a un acuerdo con los agricultores, de modo que los de cada parcela dejen las pacas de paja en un sitio accesible para poder ser recogidas por el camión (Figuras 17, 18 y 19). Como en las otras ocasiones, se aprovechará el viaje de ida en el que se va a recoger la paja, para distribuir el compost entre los clientes.

Conociendo el rendimiento de la paja y las necesidades diarias de la planta sabemos que tenemos que recoger la paja de 7 hectáreas. A partir de este punto, se divide la zona en parcelas y se calcula las hectáreas que podrá aportar cada una de ellas. Finalmente se localizan los puntos donde los agricultores irán dejando la paja y se diseñan las diferentes rutas.

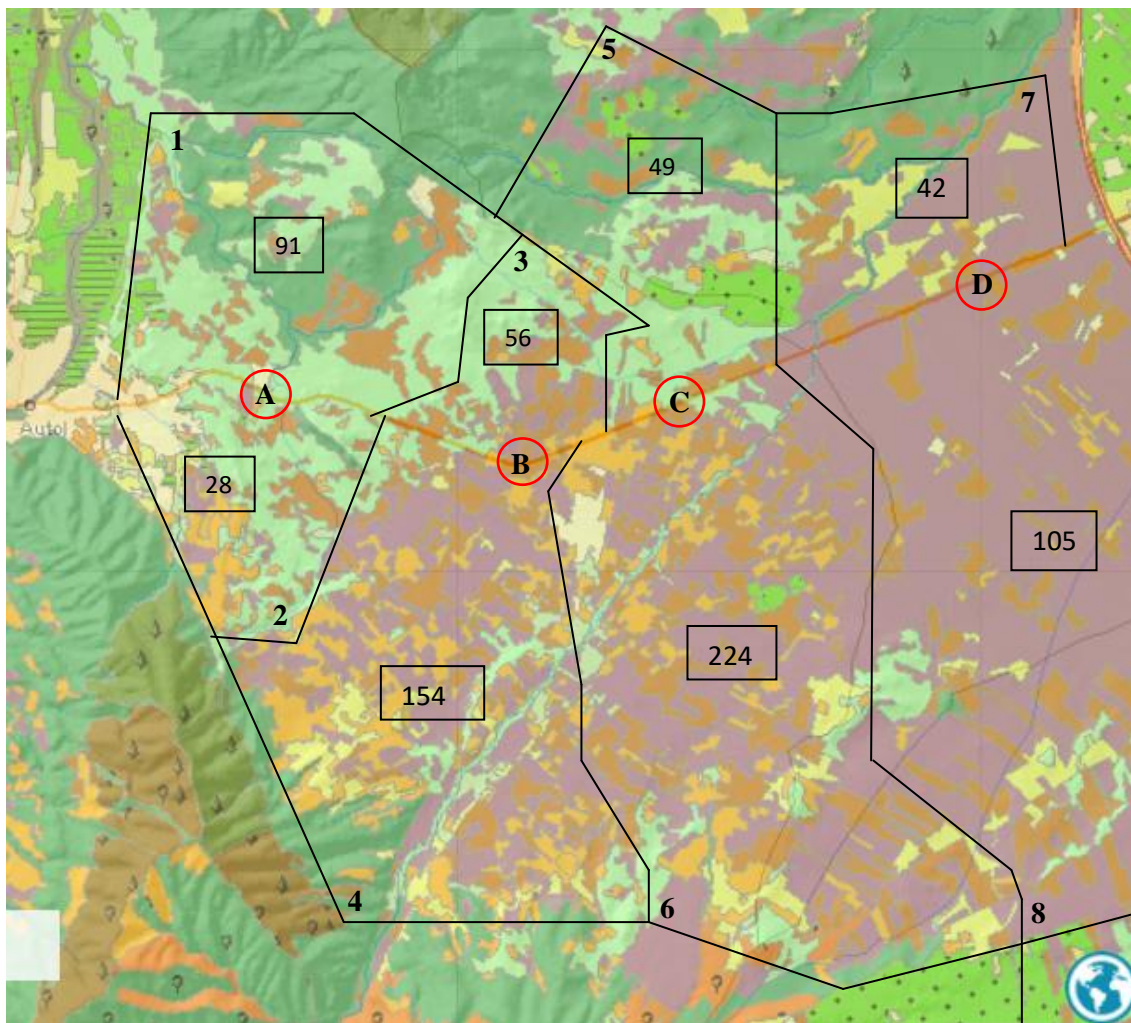


Figura 17. Puntos de recogida de la paja en la carretera LR-115.

- Punto A (distancia: 600 metros). La parcela 1 cuenta con 91 hectáreas de cultivo de cereal. Conociendo nuestras necesidades, habrá que ir a recoger la paja en las proximidades del punto A durante 13 días.
- Los agricultores de los cultivos de la parcela 2 dejarán las pacas en las proximidades del punto A, pero al otro lado de la carretera. Esta zona cuenta con 28 hectáreas, así que habrá que pasar a recoger la paja durante 4 días.
- Punto B (distancia: 850 metros). En las proximidades del punto B dejarán las pacas de paja las parcelas 3 y 4, cada una a un lado de la carretera. La parcela 3 cuenta con 56 hectáreas de cereal, por lo que habrá que ir allí a recoger la paja durante 8 días. A la parcela 4 le corresponden 154 hectáreas, por lo que habrá que pasar 22 días.
- Punto C (distancia: 1 km). Los agricultores a los que les corresponda el cereal de las parcelas 5 y 6 dejarán los faros en las proximidades del punto

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 2. Localización y estudio del medio físico

C, cada uno a una lado de la carretera. La parcela 5 tiene 49 hectáreas de cultivo por lo que aportará materia a la planta durante 7 días y la parcela 6, con 224 abastecerá de paja a la planta durante 32 días.

- Punto D (distancia: 1,1 km). En este punto dejarán las pacas de paja los agricultores de las parcelas 7 y 8. A la 7 le corresponden 42 hectáreas de cereal, por lo que se pasará a por la paja durante 6 días. A la 8 le corresponden 105 hectáreas, por lo que en este caso habrá que pasar durante 15 días.

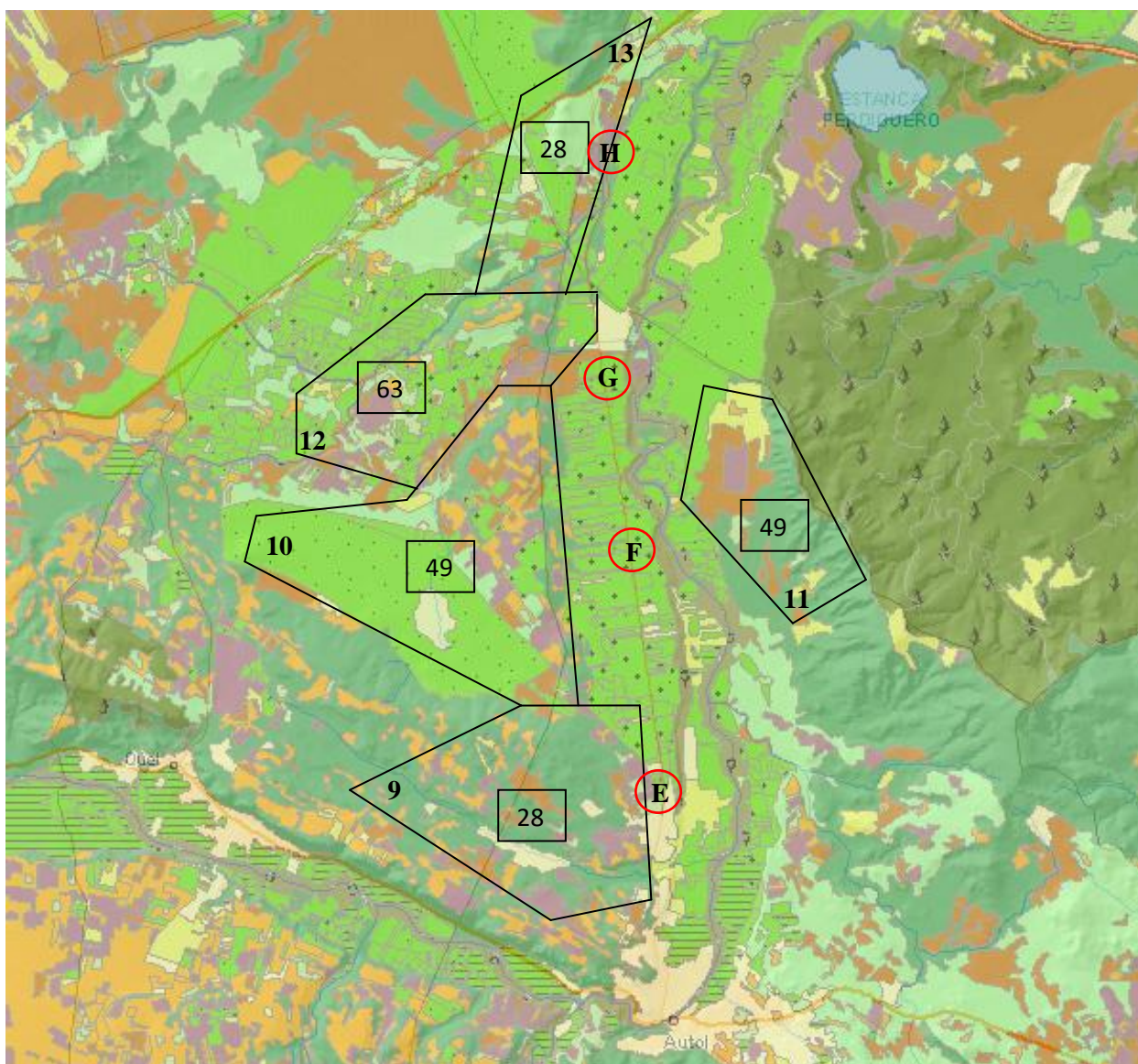


Figura 18. Puntos de recogida de la paja en la carretera LR-282.

- Punto E (distancia: 3,5 km). En las proximidades del punto E dejarán la paja los agricultores de los cultivos correspondientes a la parcela 9. Como en total

son 28 hectáreas de cereal, se podrá aportar materia a la planta durante 4 días.

- Punto F (distancia: 7 km). En este punto dejarán las pacas los cultivos de las parcelas 10 y 11. Ambas tienen 49 hectáreas de cereal, por lo que aportarán paja para satisfacer las necesidades de la planta durante 14 días (7 días cada una).
- Punto G (distancia: 7,5 km). La parcela que le corresponde a este punto es la 12, la cual cuenta con 63 hectáreas de cereal. Con ellas se puede suministrar paja a la planta durante 9 días.
- Punto H (distancia: 9,3 km). La parcela 13 dejará las pacas de paja de sus 28 hectáreas de cultivo de cereal en el punto H. Así, habrá que pasar a recogerla durante 4 días.

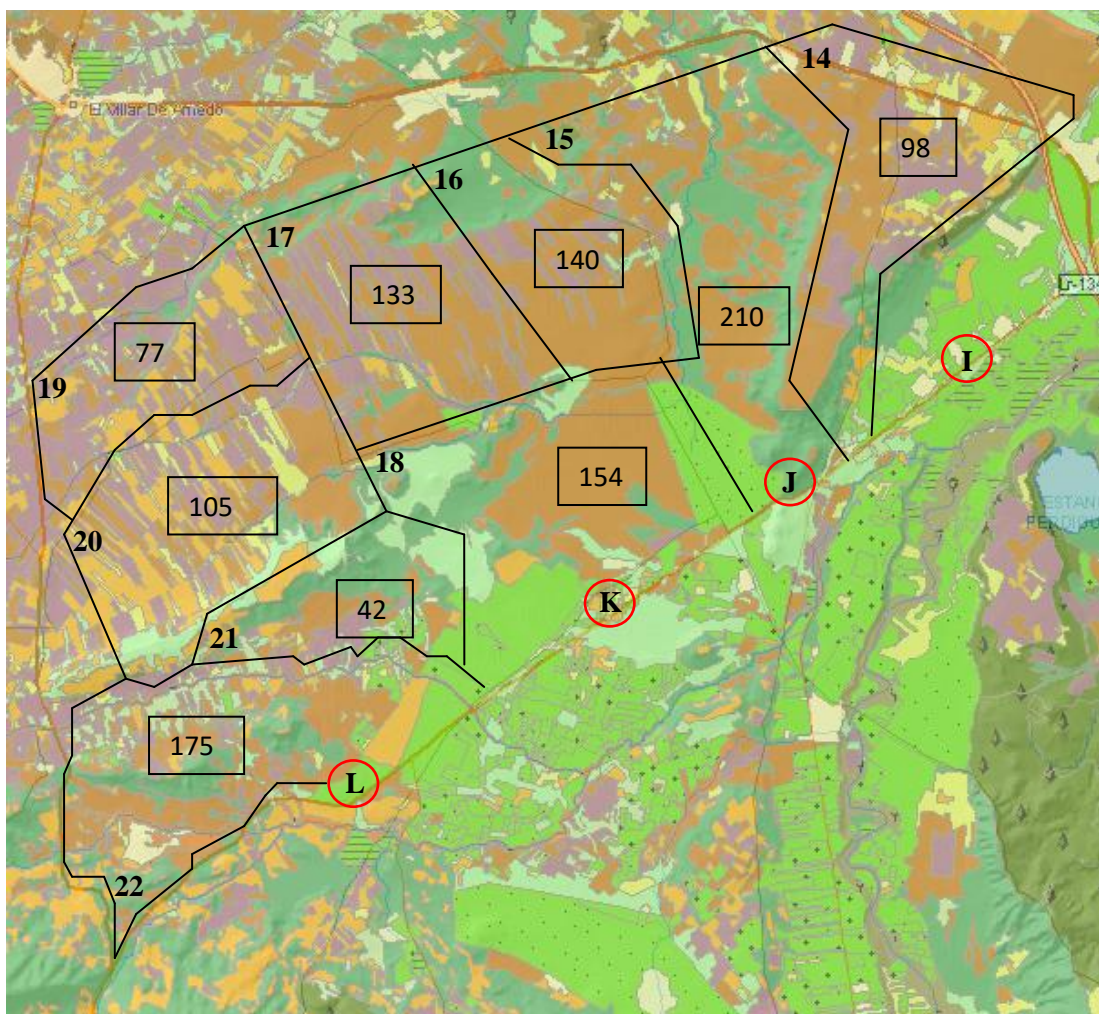


Figura 19. Puntos de recogida de la paja en la carretera LR-134.

- Punto I (distancia: 11,6 km). En las proximidades del punto I dejarán las pacas los agricultores de la parcela 14. Como cuenta con 98 hectáreas de cereal, podrán aportar paja a la planta durante 14 días.
- Punto J (distancia: 12,6 km). La parcela 15 dejará las pacas de paja de sus 210 hectáreas de cultivo de cereal en el punto J. Será necesario pasar a recogerlas durante 30 días.
- Punto K (distancia: 13,5 km). En las proximidades de ese puntos dejarán las pacas los agricultores de los cultivos de cereal que pertenezcan a las parcelas 16,17 y 18. La primera cuenta con 140 hectáreas, por lo que podrá suministrar paja a la planta durante 20 días, la segunda con 133 hectáreas suministrará paja durante 19 días, y la tercera con 154 hectáreas aportará paja a la planta durante 22 días.
- Punto L (distancia: 15 km). Las parcelas 19, 20, 21 y 22 dejarán la paja de sus cultivos de cereal en el punto L. La primera cuenta con 77 hectáreas de cereal, así que habrá que ir a recoger la paja durante 11 días. La segunda cuenta con 105 hectáreas, por lo que habrá que pasar por la paja durante 15 días. La tercera cuenta con 42 hectáreas, por lo que habrá que pasar por la paja durante 6 días. Y la última, con 175 hectáreas aportará paja para satisfacer las necesidades de la planta durante 25 días.

5. ESTUDIO CLIMÁTICO

Para la realización de este estudio climático, se han empleado los datos registrados por la estación meteorológica de Quel (La Rioja), antes situada en Autol, debido a que dicha estación solo se obtienen los registros desde el año 2006 hasta la actualidad también se utilizan los datos de la estación meteorológica situada en el municipio de Agoncillo (La Rioja).

Localización de ambas estaciones meteorológicas:

Quel:

- Longitud: 2° 2' 14" W
- Latitud: 42° 15' 8" W
- Altura: 430 m

Agoncillo:

- Longitud: 21° 9' 51" W
- Latitud: 42° 27' 6" W
- Altura: 352 m

Es necesario corregir la diferencia térmica que puede existir entre la planta situada en Autol y las estaciones de Agoncillo y Quel. Sabiendo que la altitud de Agoncillo es de 352 metros, la de Quel es de 430 metros y que Autol está a 458 metros, la diferencia de altitud entre Autol y Agoncillo es de 106 metros y entre Autol y Quel es de 28 metros. El factor de corrección que se aplicará a las temperaturas se basa en que por cada 100 metros, la temperatura disminuye 0,65°C; por lo tanto la temperatura de Autol es 0,6°C menor que Agoncillo, y 0,2°C menor que la de Quel.

El intervalo de tiempo recomendable para realizar un estudio climático es de 30 años. Por lo tanto, se tomarán los datos desde el año 1987 hasta el año 2016.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 2. Localización y estudio del medio físico

- Observaciones termométricas:

Mes	Temperaturas extremas (°C)		Temperaturas medias (°C)		
	Máximas	Mínimas	Medias máxima	Media mínima	Media mes
Enero	18,9	-8,5	14,78	-4,25	4,81
Febrero	20,9	-7,7	16,60	-3,81	5,99
Marzo	26,9	-9,5	21,62	-2,11	8,80
Abril	33,4	-8,7	24,11	0,35	10,64
Mayo	36,9	0,3	27,84	3,53	14,45
Junio	39,9	4,1	32,19	6,99	18,23
Julio	42,1	0,5	34,44	8,99	20,65
Agosto	40,2	5,5	33,97	9,32	20,73
Septiembre	38,3	2,3	30,32	8,70	17,46
Octubre	30,4	-2,7	24,62	1,87	13,06
Noviembre	26,7	-8,9	18,42	-2,24	8,27
Diciembre	20,7	-10,5	15,29	-4,05	5,35

Tabla 2. Datos de temperatura del municipio de Autol

- Características de los vientos dominantes:

Mes	Velocidad del viento	
	Media (km/h)	Media (m/s)
Enero	5,41	1,50
Febrero	7,08	1,97
Marzo	7,46	2,07
Abril	6,51	1,81
Mayo	6,02	1,67
Junio	5,53	1,54
Julio	5,71	1,59
Agosto	5,86	1,63
Septiembre	5,50	1,53
Octubre	5,47	1,52
Noviembre	6,40	1,78
Diciembre	5,44	1,51

Tabla 3. Datos de viento del municipio de Autol.

El viento dominante tiene componente Norte y Noroeste.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 2. Localización y estudio del medio físico

Mes	Humedad relativa del aire (%)		
	Máxima	Media	Mínima
Enero	94,29	79,28	57,55
Febrero	93,87	74,94	50,97
Marzo	90,54	68,18	44,02
Abril	90,34	64,86	38,24
Mayo	85,43	60,55	34,89
Junio	86,62	58,68	31,31
Julio	84,27	58,23	32,01
Agosto	83,55	56,61	30,55
Septiembre	87,86	62,16	35,26
Octubre	92,27	70,78	45,16
Noviembre	95,43	81,33	59,93
Diciembre	96,81	86,54	70,57

Tabla 4. Datos de la humedad relativa del aire del municipio de Autol.

- Observaciones pluviométricas:

Mes	Precipitación (mm)		
	Días de lluvia	Media	Máxima
Enero	12	17,5	36,4
Febrero	6	31,9	68,2
Marzo	6	22,3	46,3
Abril	13	38,5	79,5
Mayo	9	50,8	104,5
Junio	11	37,1	139,5
Julio	2	20,7	56
Agosto	4	11,3	27,3
Septiembre	5	49,8	175,7
Octubre	6	47,3	110,1
Noviembre	10	38,7	100,8
Diciembre	13	25,7	20,2

Tabla 5. Datos de precipitación del municipio de Autol.

- Régimen de heladas:

	Período de heladas	
	Año medio	Extremos
Primera helada	2 de diciembre	19 de octubre
Última helada	16 de febrero	16 de abril
Nº de días que comprende	75	181
	Período libre de heladas	
	Año medio	Extremos
Nº de días que comprende	290	184

Tabla 6. Datos del régimen de heladas del municipio de Autol.

- Fenómenos diversos en los últimos 10 años:

Año	Fenómenos diversos			
	Nieve	Niebla	Tormenta	Granizo
2006	3	46	22	3
2007	2	32	17	3
2008	7	23	19	1
2009	6	34	34	3
2010	2	34	20	3
2011	8	31	37	1
2012	6	40	32	2
2013	3	39	26	2
2014	0	27	23	2
2015	4	20	18	2
2016	0	30	27	0

Tabla 7. Datos de diversos fenómenos atmosféricos del municipio de Autol.

- El clima de Autol.

La climatología de la zona es de tipo mediterráneo, en su versión continental, con la debilidad pluviométrica como carácter más importante, y la aparición de tormentas moderadamente virulentas. La mayoría de las precipitaciones se producen durante los meses de primavera y otoño y suelen aparecer veranos calurosos y secos, e inviernos fríos.

La aparición de diversos fenómenos atmosféricos, como nieve, niebla, tormentas y granizo, representa un aspecto anecdótico al hablar de la climatología de la zona.

La principal conclusión a la que se puede llegar contemplando los datos recogidos, es que el clima de la zona es bastante estable durante todo el año, sin, prácticamente ninguna incidencia significativa destacable. Los vientos son moderados y la dirección es Norte y Noroeste. Es por esto que, los componentes molestos como olores y polvo, procedentes de la actividad industrial, no afectan a núcleos urbanos, ya que en esa dirección lo que se encuentra próximo a la parcela son terrenos sin edificar.

6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

La planta empleará agua potable para la limpieza de las instalaciones y para el uso humano durante el desarrollo de la actividad. Debido a que nuestra fábrica se encuentra en un polígono industrial todos los puntos de suministro están ya definidos y determinados por lo que sólo nos tendremos que conectar a dicha red de abastecimiento.

El agua tendrá que cumplir el Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público. Por lo tanto será obligatorio el realizar un análisis de potabilidad por parte de la empresa suministradora siguiendo los valores máximos permitidos en los anexos A, B, C, D y E. Estos valores se describen a continuación:

- Olor: ninguno
- Sabor: ninguno
- Color: 5 mg/l
- Turbidez: 0,30 N.T.U
- pH: 7,7
- Temperatura: 15,8 °C
- Conductividad: 1339 uS/cm a 20°C
- Cloro Libre Residual: 0,84 mg/l
- Amonio: 0,20 mg/l
- Cobre: 0,1 mg/l
- Hierro: 100 ug/l
- Plomo: 10,7 ug/l
- Niquel: 5,0 ug/l
- Cromo: 5,0 ug/l
- Bacterias coliformes: 0 ufc/100ml

- Escherichia coli: 0 ufc/100ml

7. ESTUDIO GEOTÉCNICO

En este estudio se establecerán las características geotécnicas y estructurales propias del terreno donde se ubica el polígono industrial. Esto nos permitirá desarrollar las hipótesis en que se basarán los cálculos de cimentación.

El terreno, calificado como industrial, se localiza en el interfluvio limitado por el río Cidacos y el barranco de Valdelagusta.

Desde el punto de vista geológico, los materiales que se encuentran corresponden a depósitos terciarios de arcillas, margas y yesos. Mayoritariamente de arcillas y margas, siendo los yesos menos abundantes (visibles en delgadas capas en los taludes actuales de la carretera que bordea el sector S-2 por su lado sur).

Este promontorio terciario se encuentra topográficamente escalonado y es utilizado actualmente como soporte de cultivos agrícolas. Es por ello que se puede considerar una cubierta de tierra vegetal de unos 30 centímetros.

Dichos materiales, eliminando la tierra vegetal y separando convenientemente los de naturaleza yesífera, pueden ser de calidad suficiente para ser utilizados como terraplén. Para las capas de coronación y firme será necesario utilizar materiales de préstamo.

De capacidad portante media, estos materiales pueden presentar problemas de disolución local debido a la presencia de yesos. Los taludes de inclinación 1/1 (h/v) permanecen estables, pudiéndose aumentar en función de la presencia de capas margosas duras y de yesos.

Será necesario tener en cuenta el uso de cementos resistentes a sulfatos en aquellas obras con hormigón emplazado en profundidad, p.e. pozos de registro.

Tras un riguroso estudio de las parcelas, se observan algunas de las características técnicas principales del terreno:

RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO	
Acción dinámica	No se considera
Acción reológica	No se considera
Acción sísmica	No se considera
Clasificación del terreno	Arcilloso
Ángulo de rozamiento interno	20 °
Peso específico del terreno	2.1 Tm/m ²
Coeficiente de trabajo del terreno	2 Kp/cm ²
Asiento máximo admisible	75 m
Grado de cementación	Medio
Resistencia a la excavación	Baja
Grado de estabilidad de las paredes	Estable
Contenido de materia orgánica	2,49 % MO
Índice de plasticidad	2,8
Densidad seca	2,01 (gr/cm ³)
Humedad %	10,2
Presión admisible (N/mm ²)	0,2

Tabla 8. Resultado del estudio geotécnico

- **Conclusión:**

El estudio realizado proporciona la información suficiente para llegar a la conclusión de aprobar la viabilidad de una construcción civil que permita la actividad industrial de tratamiento de residuos de carácter biológico en el término municipal de Autol, en el Sector S-2.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 3. PROCESO PRODUCTIVO

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

ÍNDICE

1. NECESIDAD DE ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS	1
2. EL PROCESO DE COMPOSTAJE	2
2.1. Principales parámetros de control en el proceso de compostaje	2
2.1.1. Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato	3
2.1.2. Parámetros controlados durante el proceso.....	4
2.2. Materias primas empleadas.....	8
2.3. Proporción de mezclas	11
3. TIPOS DE SISTEMAS DE COMPOSTAJE.....	12
3.1. Elección del sistema de compostaje que se llevará a cabo en la planta	15
4. PROCESO PRODUCTIVO.....	16
4.1. Desarrollo del proceso productivo	20
4.2. Diagramas de flujo.....	23
4.3. Cálculo de tiempos de actividad	24
5. INSTALACIONES Y EQUIPOS NECESARIOS	29
5.1. Zona industrial	29
5.2. Zona no industrial	34
6. MANO DE OBRA.....	37

1. NECESIDAD DE ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

La adición de los residuos orgánicos no suele realizarse tal cual son originados. Su aplicación directa puede ser beneficiosa en algún caso, pero se suele necesitar de períodos más o menos prolongados de tiempo para su saneamiento y acondicionamiento, para que se muestren los efectos positivos que conlleva su aplicación.

Estos procesos los podemos agrupar en:

- Variación de su composición hídrica, generalmente disminución de su porcentaje de humedad.
- Complementación o adecuación de sus características fertilizantes, incorporando otras sustancias o mezclando con otros residuos.
- Estabilización de la composición orgánica (formación de sustancias húmicas).
- Tratamientos higiénicos y sanitarios, disminución de microorganismos especialmente los patógenos.
- Adaptación granulométrica o de su estado físico para su adecuada incorporación al suelo.

2. EL PROCESO DE COMPOSTAJE

El compostaje, de una forma más técnica, se podría definir como una serie de biotransformaciones oxidativas similares a las que ocurren en el suelo, que actúan sobre la materia orgánica mineralizando la fracción más fácilmente asimilable por los microorganismos y humificando (proceso de producción de complejos coloidales relativamente estables y resistentes a la acción microbiana) los compuestos más difícilmente atacables. El resultado final es la obtención de un compuesto parcialmente mineralizado y humificado que puede sufrir mineralizaciones posteriores más lentas una vez incorporado al suelo.

El compostaje espontáneo de la materia orgánica se produce en la naturaleza. Sin embargo, para que el compostaje de residuos sea adecuado para su desarrollo industrial debe adaptarse a requisitos básicos como ser rápido, tener bajo consumo de energía, garantizar la calidad del producto final, la higiene de producción, etc. Para ello, el proceso debe ser cuidadosamente controlado atendiendo a una serie de parámetros de operación.

2.1. Principales parámetros de control en el proceso de compostaje

En el compostaje, el principio básico más importante es el hecho de que se trata de un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, y por tanto, tiene todas las ventajas y limitaciones de este tipo de procesos. Según esto, es necesario controlar una serie de parámetros que permitan mantener unas condiciones idóneas para que el proceso sea lo más eficiente posible.

Las variables más importantes que afectan a los sistemas de compostaje pueden ser clasificados en dos grupos según sean las medidas de control que requieran:

- Los parámetros relativos a la naturaleza del sustrato, que son los que han de ser medidos y adecuados a sus valores correctos fundamentalmente al inicio del proceso.
- Los parámetros de seguimiento son aquellos que han de ser seguidos y medidos durante todo el proceso y adecuados, en caso de ser necesario, para que sus valores se encuentren en los intervalos considerados correctos para cada fase del proceso.

2.1.1. Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato

a) Relación C/N.

Para un correcto compostaje en el que se aproveche y retenga la mayor parte del C y del N, la relación C/N del material de partida debe ser la adecuada. Los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por cada una de N; por esta razón se considera que el intervalo de C/N óptimo para el compostaje de un producto es de 25-35. A medida que transcurre el compostaje, esta relación se hace cada vez menor como puede observarse en la Figura 1, donde se muestra a modo de ejemplo, la evolución que experimenta este parámetro durante el compostaje de una mezcla de estiércol de ovino y paja de cebada realizado dentro del marco del Proyecto de Investigación INIA-SC-96081.

Si este factor no se controla adecuadamente podrían aparecer algunas modificaciones indeseables. Si la relación C/N es superior a 35, el proceso de fermentación se alarga considerablemente, ya que los microorganismos necesitan la generación de muchas células (varios ciclos de vida) para poder oxidar ese exceso de carbono. En cambio, si la relación C/N es inferior a 25 hay un exceso de nitrógeno que no puede acoplarse a la estructura bacteriana, produciéndose una pérdida de nitrógeno normalmente en forma de amoníaco (volatilización), lo que da lugar a la generación de malos olores y a una potencial contaminación de la atmósfera.

Cuando la relación C/N es elevada se podrá hacer descender artificialmente, ya sea quitando celulosa, es decir, reduciendo el carbono o aumentando el contenido de nitrógeno, por ejemplo con adición de alguna fuente nitrogenada como estiércoles o productos o subproductos de origen animal.

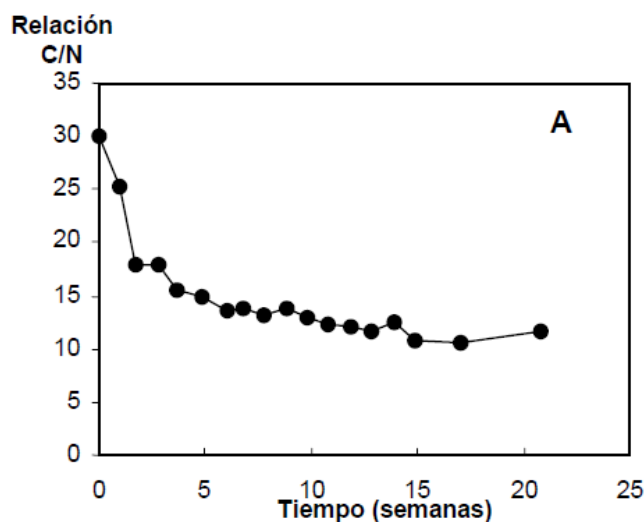


Figura 1. Evolución de la relación C/N durante el compostaje de estiércol de ovino y paja.

b) Contenido en humedad.

Otro parámetro que representa el aspecto biológico del compostaje y refleja la necesidad de mantener unas condiciones idóneas para que se desarrollen las actividades fisiológicas de los microorganismos es la presencia de agua. El agua es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y de los productos de desecho de las reacciones que tienen lugar.

La humedad de la masa de compostaje debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa, para que permita la circulación tanto del oxígeno, como de otros gases producidos en la reacción. Por ello se estima que la humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50-70%. La actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis. Cuando las condiciones se hacen anaerobias se originan malos olores y disminuye la velocidad del proceso.

c) Tamaño de partícula.

Cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción. Por lo tanto, el desmenuzamiento del material facilita el ataque de los microorganismos y aumenta la velocidad del proceso. Pero, aunque un tamaño pequeño de partícula provoca una gran superficie de contacto, también reduce el espacio entre partículas, compactando el material y aumentando las fuerzas de fricción. Esto limita la difusión de oxígeno hacia el interior y de dióxido de carbono hacia el exterior, lo cual restringe la proliferación microbiana y puede dar lugar a un colapso microbiano al ser imposible la aireación.

El tamaño de partícula ideal considerado es de 12,5 mm con aireación forzada y de 50 mm con aireación natural (Fermor, 1993).

2.1.2. Parámetros controlados durante el proceso.

a) Aireación.

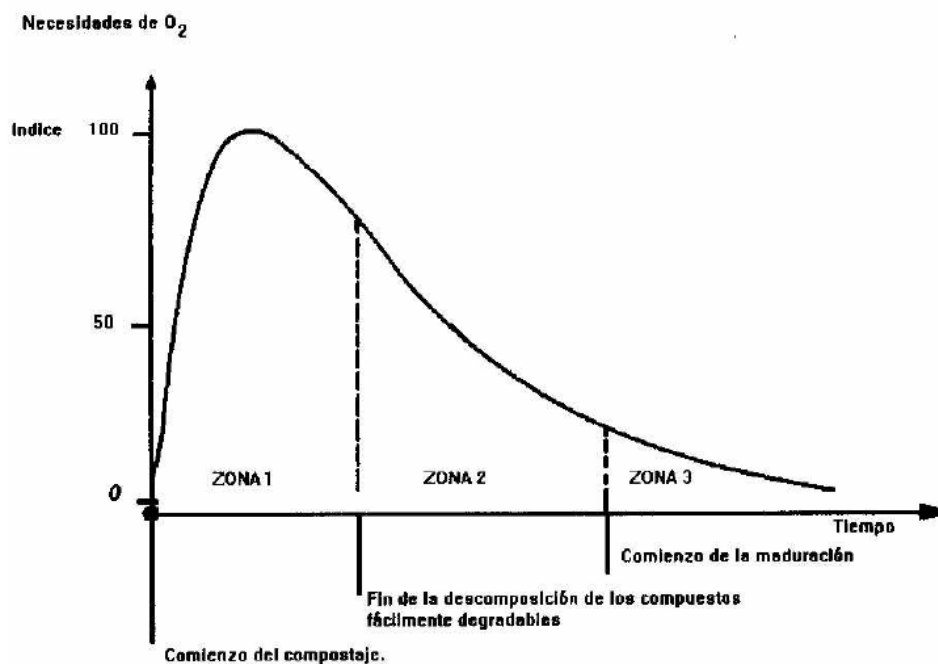
El oxígeno tiene un doble objetivo en el compostaje. Por un lado, al tratarse de un proceso aerobio, se necesita su presencia para el desarrollo adecuado de los microorganismos. Por otro lado, el oxígeno permite al máximo la evacuación del CO₂ producido.

La aireación debe mantenerse en unos niveles adecuados teniendo en cuenta además que las necesidades de oxígeno varían a lo largo del proceso, siendo bajas en la fase

mesófila, alcanzando el máximo en la fase termófila y disminuyendo de nuevo al final del proceso (Figura 2). Las pilas de compostaje también presentan porcentajes variables de oxígeno en el aire de sus espacios libres: la parte más externa contiene casi tanto oxígeno como el aire (18-20%); hacia el interior el contenido de oxígeno va disminuyendo, mientras que el de dióxido de carbono va aumentando.

Una aireación insuficiente provoca una sustitución de los microorganismos aerobios por microorganismos anaerobios, con el consiguiente retardo en la descomposición, la aparición de sulfuro de hidrógeno y la producción de malos olores. El exceso de ventilación podría provocar el enfriamiento de la masa y una alta desecación con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos. Esto provoca un aumento en la duración del proceso, encareciéndolo.

Durante el proceso de maduración no deben hacerse aportaciones adicionales de oxígeno, ya que una excesiva aireación podría dar lugar a un consumo de los compuestos húmicos formados y a una rápida mineralización de los mismos.



- Zona1. Actividad de máxima degradación aerobia.
Necesidades de oxígeno: elevada ($0,5 \text{ m}^3/\text{min/t M.S.}$)
- Zona2. Actividad media de degradación aerobia.
Necesidades de oxígeno: media ($0,1 \text{ m}^3/\text{min/t M.S.}$)
- Zona3. Actividad baja de degradación aerobia.
Necesidades de oxígeno: baja (inferior a $0,1 \text{ m}^3/\text{min/t MS}$)

Figura 2. Curva teórica de las necesidades de oxígeno durante el compostaje (Mustin, 1987).

b) Temperatura.

Si las condiciones son las adecuadas, los microorganismos obtienen la energía necesaria para su desarrollo mediante la oxidación del carbono presente en la masa que se va a compostar. Parte de esa energía es utilizada en su metabolismo y el resto se elimina en forma de calor, aumentando la temperatura de la masa. Inicialmente todo el material está a la misma temperatura, pero durante el crecimiento de los microorganismos se genera calor, haciendo que ésta se eleve. Éste es el síntoma más claro de que el proceso se está desarrollando, por lo que la temperatura ha sido considerada tradicionalmente como una variable fundamental en el control del compostaje.

La temperatura se debe controlar, ya que, por una parte, las temperaturas bajas suponen una lenta transformación de los residuos, prolongándose los tiempos de retención, y, por otra, las temperaturas elevadas determinan la destrucción de la mayor parte de los microorganismos.

La temperatura no es constante en toda la pila, si no que varía en función de su posición, siendo mayor en el centro y menor a medida que nos vamos acercando al exterior (Figura 3).

De acuerdo a este parámetro, el proceso de compostaje se puede dividir en cuatro etapas: mesofílica, termofílica, enfriamiento y maduración (Figura 4). Las bacterias y otros microorganismos se clasifican en grupos en función de cuál es su temperatura ideal y cuánto calor generan en su metabolismo.

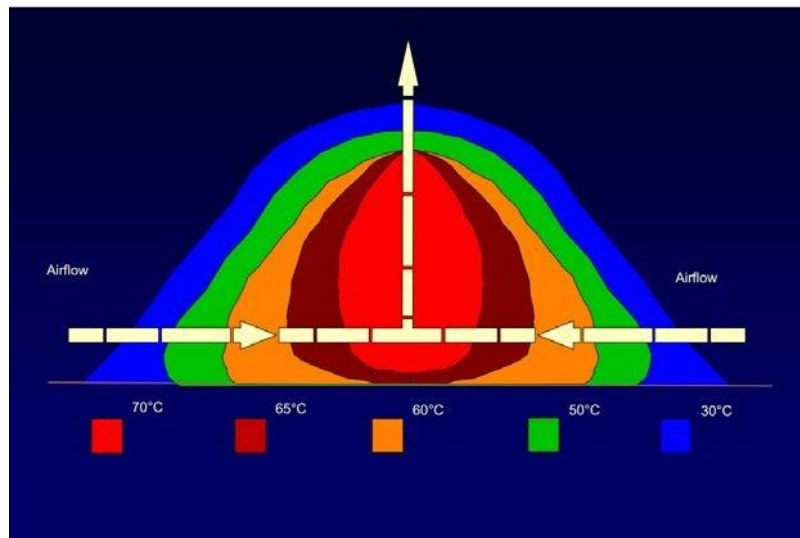


Figura 3. Distribución de la temperatura del compost en la pila.

- Fase mesofílica.

Inicialmente, los residuos se encuentran a temperatura ambiente. Al comenzar el proceso, se inicia la actividad de los microorganismos mesófilos (fundamentalmente bacterias y algunos hongos). Éstos atacan el material orgánico más simple (azúcares solubles, ácidos orgánicos, grasas, proteínas etc.), hasta que la temperatura de la masa alcanza los 40°C.

Las bacterias se acostumbran al nuevo medio y comienzan a experimentar crecimientos exponenciales para dar lugar a una masa de microorganismos que pueden iniciar la transformación de toda esa materia orgánica.

- Fase termofílica.

A partir de los 40 °C la mayor parte de los microorganismos iniciales mueren y comienza la actividad de los microorganismos termófilos (hongos, bacterias formadoras de esporas...) actinomicetos. Éstos puedan desarrollar sus ciclos biológicos en presencia de temperaturas altas (entre 50 y 75°), atacando estructuras más complejas (almidones, pectinas, celulosas y finalmente ligninas).

Estas altas temperaturas hacen que los posibles patógenos de animales y plantas existentes en la mezcla desaparezcan. Además, las semillas de malas hierbas son destruidas, puesto que los embriones no pueden soportar las mencionadas temperaturas. En determinado momento, la generación de calor se iguala a la velocidad de pérdida de calor en la superficie de las pilas. Esto marca el final de la fase termófila.

- Enfriamiento de la masa.

A partir de los 70 °C decrece la actividad microbiana por lo que se produce un enfriamiento de la masa.

- Maduración de la masa.

Es un proceso más o menos largo, en el cual el componente más indigestible de la fibra, la lignina, se modifica mediante reacciones secundarias complejas (de condensación y polimerización), dando lugar a moléculas orgánicas menos biodegradables y más estables. A partir de los componentes orgánicos dejados en la anterior fase, se producen fenómenos de humificación y mineralización que generan coloides húmicos, hormonas, vitaminas, antibióticos y otros elementos que favorecerán considerablemente el desarrollo y crecimiento vegetal.

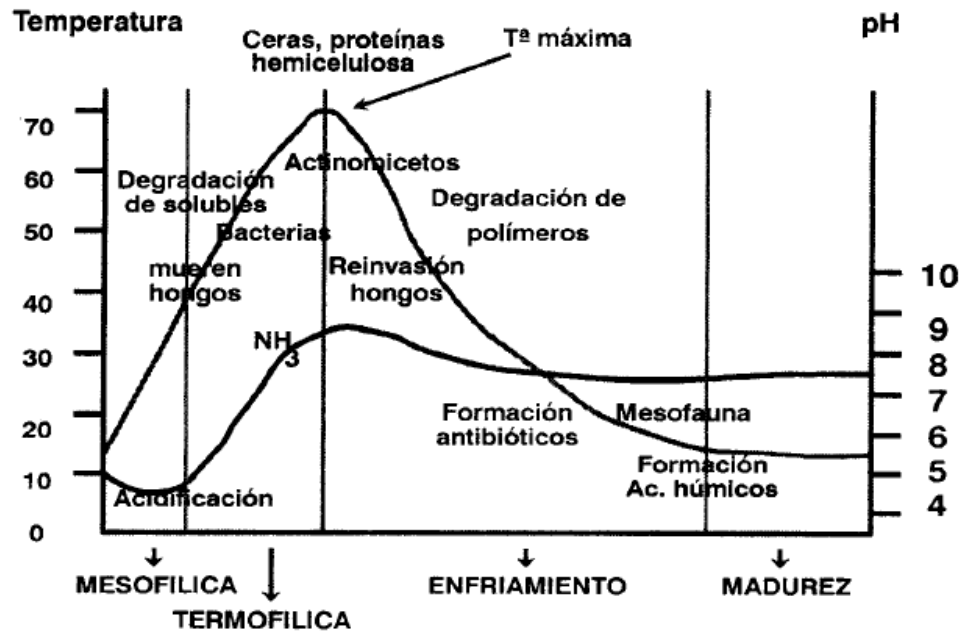


Figura 4. Cambios de temperatura en una pila de compost.

Un problema que suele aparecer en el desarrollo de este tipo de métodos es el de definir cuándo se da por finalizado el proceso, pudiéndose categorizar la madurez del compost desde un sentido:

- Biológico: Cuando ya no presenta sustancias fitotóxicas para las plantas. Se utilizan ensayos de germinación para su determinación.
- Químico: Además de no ser fitotóxico debe de estar suficientemente estabilizado. Los parámetros para su cuantificación son: relación C/N, CIC (capacidad de intercambio catiónico), incremento del N nítrico/N amoniacal, grado de descomposición de la materia orgánica, color, pH, etc.

En función de estos parámetros se puede hablar de:

- Compost fresco. Es aquel que ha finalizado la fase termófila, habiéndose eliminado los patógenos. Se produce descomposición de la materia pero no hay humificación. Se puede utilizar en la preparación del suelo entre cosechas, pero no directamente sobre cultivos.
- Compost. La masa ha experimentado una fase de maduración, pudiéndose utilizar sobre cultivos. No se recomienda como sustrato de crecimiento por estar en contacto directo con las raíces.

- Compost curado. Tras un periodo prolongado de humificación y mineralización, el producto está altamente estabilizado. Puede utilizarse para cualquier uso agronómico, incluso como sustrato.

2.2. Materias primas empleadas

Los ingredientes para el compostaje suelen ser subproductos orgánicos o materiales residuales. Es raro que un solo material residual, tenga todas las características requeridas para un compostaje eficaz. Por tanto, es necesario mezclarlo con otros materiales diferentes, en proporciones adecuadas, para obtener una mezcla con las características necesarias para llevar a cabo el proceso de compostaje. En este caso se utilizarán 3 tipos de materias primas diferentes para conseguir estabilizar la mezcla. Sus características y motivos de su elección se detallan a continuación:

- **Residuos de la industria del champiñón**

La materia principal de la que estará compuesto el compost es sustrato postcultivo de champiñón. Como se ha mencionado con anterioridad, tras el cultivo de los hongos, en estas industrias se generan gran cantidad de residuos, convirtiéndose su gestión en un serio problema.

El detalle esencial es conocer de la forma más exacta posible cómo es el sustrato que llega a nuestra planta de compostaje, ya que se trata de una mezcla de componentes, principalmente tierras tratadas y restos de vegetales. Por ello se ha pretendido prestar atención a las características que tiene el sustrato en el momento en el que llega a la planta, sin atender a las transformaciones previas que ha sufrido durante el cultivo del champiñón.

Para poder conocer las características de ese sustrato agotado se han extraído los datos de un estudio realizado por A. Pardo-Giménez y J.E. Pardo-González en 2009 con sustrato agotado de *Agaricus bisporus* (champiñón común), en el Centro de Investigación, Experimentación y Servicios de Champiñón en Cuenca. Los datos se pueden utilizar para el presente trabajo para conocer las características físicas y químicas de nuestra materia base. Como se puede observar en la Tabla 1 el sustrato postcultivo destaca por su alto contenido en humedad y una relación C/N también elevada.

Tabla 1. Principales características del sustrato agotado del cultivo de *Agaricus bisporus*.

Característica	% Humedad	% Carbono	% Nitrógeno
Sustrato agotado de <i>Agaricus bisporus</i>	77,6	48,8	0,6

- **Pollinaza.**

Para conseguir las condiciones ideales se necesita otro componente que aporte nitrógeno para estabilizar la relación C/N hasta llegar al valor de 30. Es muy importante tener en cuenta las cantidades de estos elementos, no sólo para conseguir un compost de calidad, si no porque esto también puede provocar que el compost llegue a ser contaminante debido a pérdidas de nitrógeno. El nitrógeno que excretan los animales crea serios problemas de contaminación por la concentración de su producción y por la poca eficiencia con la que los animales utilizan este elemento. En este caso se utilizarán las deyecciones producidas por pollos de engorde, que vienen mezcladas con las camas que suelen estar formadas por materiales como cascarilla de girasol y arroz, paja o serrín, lo que comúnmente se denomina yacija y cuyas características más destacables se recogen en la Tabla 2.

Tabla 2. Principales características de la pollinaza.

Ingrediente	% Humedad	% Carbono	% Nitrógeno
Pollinaza	32,0	50,3	4,0

- **Residuos agrícolas**

Una vez ajustado el balance C/N se obtiene un producto muy rico en nutrientes, pero con una elevada humedad. De entre todas las posibles opciones está la de utilizar sistemas destinados a eliminar ese exceso de humedad o adquirir en el mercado productos orgánicos con alto contenido en materia seca. En este caso, se ha creído conveniente adicionar paja a la mezcla. La paja está constituida por los residuos procedentes del cultivo de cereales, que básicamente son los tallos una vez que se han separado del grano. Sus características principales se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Principales características del sustrato agotado del cultivo de la paja.

Ingrediente	% Humedad	% Carbono	% Nitrógeno
Paja	12,0	56,0	0,7

2.3. Proporción de mezclas

Para calcular la cantidad que tenemos que utilizar de cada materia prima para alcanzar las condiciones adecuadas de un compost óptimo existen diferentes métodos de cálculo.

En este caso se ha utilizado el método "*Compost Calculator*", basado en una hoja de cálculo creada por el Instituto de Gestión de Residuos de Cornell, Nueva York. En ella, simplemente hay que meter los valores de humedad, contenido en carbono, en nitrógeno y relación C/N de cada materia prima que se quiere emplear en la realización del compost. A continuación, se introducen unos valores aproximados de cantidades anuales de cada ingrediente y la hoja excel da el porcentaje de humedad y la relación C/N de la mezcla final. Así, se pueden ir variando las cantidades de cada materia de partida hasta dar con la proporción adecuada para conseguir los objetivos.

Las cantidades resultantes de cada material de partida y los principales parámetros de calidad de compost se muestran en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4. Principales características de las materias primas y sus cantidades.

Ingrediente	% Humedad	% Carbono	% Nitrógeno	Toneladas
Pollinaza	32,0	50,3	4,0	2.300
Sustrato agotado cultivo champiñón	77,6	48,8	0,6	11.000
Paja	12,0	56,0	0,7	2.700

Tabla 5. Parámetros resultantes de la mezcla inicial y cantidad total.

Contenido en humedad de la mezcla (%)	60,0
Relación C/N de la mezcla	35,2
Cantidad mezcla final (toneladas)	16.000

Por lo tanto, las cantidades anuales de partida serán las siguientes:

- ✓ 11.000 toneladas de sustrato postcultivo de champiñón (68,75% del total).
- ✓ 2.300 toneladas de pollinaza (14,37% del total).
- ✓ 2.700 toneladas de residuos del cultivo de cereales (16,87% del total).

Así, se sabe que la cantidad de residuo que tiene que gestionar la planta al año es de 16.000 toneladas y que sus valores de humedad y relación C/N serán 60% y 35,2 respectivamente.

3. TIPOS DE SISTEMAS DE COMPOSTAJE

En la actualidad, existen diversos sistemas de compostaje, desde muy pequeños y sencillos hasta sistemas tecnológicamente muy complejos y automatizados. No hay un sistema de compostaje mejor que otro, el diseño y las características de cada uno dependen de factores como el tiempo del proceso necesario, el espacio requerido y situación de la instalación, el tipo de residuos, el gasto energético o la seguridad higiénica de la planta de tratamiento entre otros.

Puesto que el compostaje se basa en procesos espontáneos sometidos a los ciclos biológicos de los microorganismos, es difícil acortar artificialmente los periodos mínimos necesarios para que tales procesos se sucedan y completen. Técnicamente, el factor más manipulable y sobre el que es posible incidir para el control del compostaje es la aireación, de forma que las diferencias entre los distintos sistemas de compostaje suelen derivar de cómo se realice el control de este parámetro. En base a esto, los sistemas de compostaje se pueden clasificar en:

- Sistemas abiertos. Donde los procesos se realizan completamente al aire libre, aunque es frecuente encontrar instalaciones bajo cubierta, en naves abiertas, especialmente en zonas de alta pluviosidad.
 - a) Pila móvil. El volteo mecánico del material permite la oxigenación.
 - b) Pila estática. No hay volteo mecánico del material, la oxigenación se hace insuflando aire, por succión o mezcla de ambos.
- Sistemas cerrados. Se realizan en recintos totalmente herméticos, sometidos a un exhaustivo control de parámetros y con posibilidad de conducción de todos los gases a tratamiento por limpieza y depuración.
 - a) Sistemas dinámicos con volteo del material o estáticos sin volteo.
 - b) Reactores horizontales, verticales, y en túnel.
- Sistemas semiabiertos. Se llevan a cabo en naves cerradas que disponen de algún sistema de succión y envío de los gases a un tratamiento de depuración.

Otro sistema se basa en que la masa que se va a compostar sea removida por algún dispositivo mecánico que homogeneice el material permitiendo que las capas exteriores de la masa pasen a su interior y viceversa. En función de esto se crean dos grupos:

- Sistemas estáticos, donde una vez constituida la pila o meseta no es movida hasta el final del proceso, o hasta que concluye su tiempo de permanencia en determinada parte de la instalación.

- Sistemas dinámicos, donde se realizan volteos o movimientos del material.

En la Figura 4 se muestra un esquema con los principales sistemas de compostaje, basado en la clasificación anterior y a continuación en la tabla 6, una comparación entre algunos de ellos según su eficacia en diferentes aspectos del proceso.

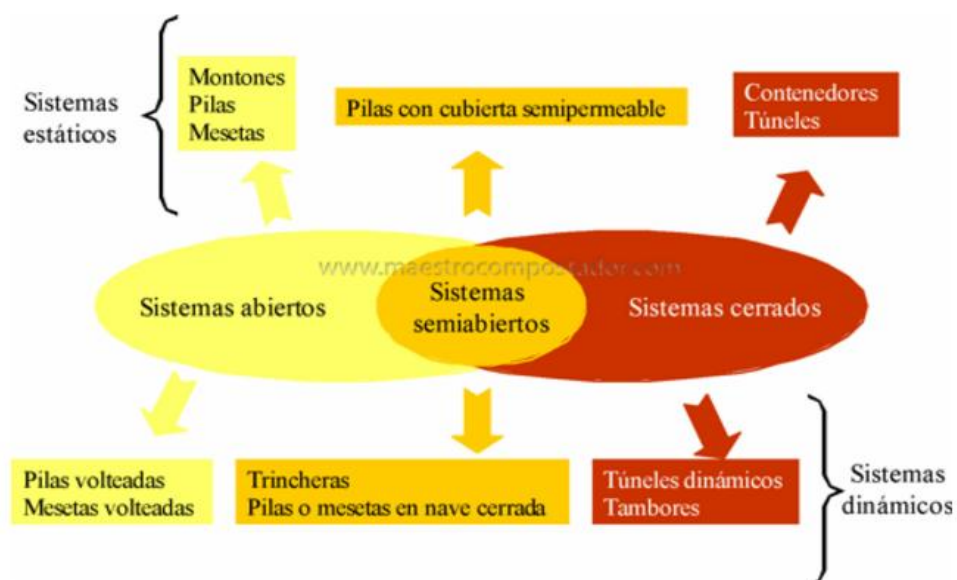


Figura 4. Clasificación de los diferentes sistemas de compostaje.

Tabla 6. Comparación de algunos sistemas de compostaje.

	En montón	En pila volteada	Pila estática aireada	Trinchera	Túnel	Tambor
Control de olores y gases	Bajo	Bajo	Bajo/Medio	Medio	Alto	Variable
Versatilidad clima	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto
Control de temperatura	Bajo	Bajo	Medio	Medio/Alto	Alto	Variable
Eliminación de patógenos	Bajo	Bajo	Medio	Medio/Alto	Alto	Variable
Dificultad del proceso	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio/Bajo	Medio/Bajo
Superficie necesaria	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio
Costes de personal	Medio	Medio	Medio/Bajo	Medio/Bajo	Bajo	Medio/Bajo
Costes de mantenimiento	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio/Bajo	Medio/Bajo
Costes de capital	Bajo	Medio	Medio/Alto	Alto	Medio	Alto
Consumo energético	Bajo	Medio/Bajo	Medio/Bajo	Medio	Medio	Alto
Duración del proceso	Alto	Alto	Alto	Medio/Bajo	Medio/Bajo	Medio/Bajo
Ruido	Alto	Alto	Medio/Alto	Medio	Bajo	Bajo
Fiabilidad del proceso	Bajo	Medio	Medio/Alto	Medio/Alto	Alto	Bajo
Versatilidad con materias primas	Bajo	Medio	Medio/Alto	Medio/Alto	Alto	Bajo
Fiabilidad del producto resultante	Bajo	Medio	Medio/Alto	Medio/Alto	Alto	Medio/Alto

3.1. Elección del sistema de compostaje que se llevará a cabo en la planta

Para el presente proyecto, se ha optado por el sistema de compostaje de pilas estáticas con aireación forzada, que consiste en el apilamiento del material formando la pila de compostaje que permanecerá inalterable en el túnel de fermentación hasta que el proceso haya concluido. Los túneles tienen una configuración rectangular, cerrados y generalmente contruidos de hormigón. Con unas dimensiones de unos 3 m de alto, 5-6 m de ancho y 20-30 m de largo. Constan de un sistema de aireación forzada que introduce aire por el suelo por losa perforada, canales o baldosas desmontables cuando la temperatura de la pila excede los valores óptimos (60°C – 65°C). También disponen de sistemas de control de temperatura, humedad y oxígeno, y sistemas de riego. El tiempo de residencia suele ser de 2 semanas. Tras esto, el material se lleva a la zona de maduración, que suelen ser espacios abiertos donde el producto se mantendrá en maduración durante 2-3 meses.

Es un método bastante recomendable y utilizado en residuos como los que tratará nuestra planta. Para residuos más heterogéneos, como los RSU por ejemplo, es conveniente realizar volteos de la pila durante la fermentación. En sistemas estáticos, los residuos más homogéneos que están mezclados con otro residuo estructurante, como la paja, forman una pequeña red de conductos de aireación en donde se desarrolla la descomposición en condiciones óptimas.

Dentro de los sistemas cerrados, es considerado un método intermedio en cuanto a tecnología e inversión que permite un control continuo y bastante fiable de los diferentes parámetros y del número de patógenos. No necesita maquinaria ni infraestructuras excesivamente complejas.

Otro motivo para la elección de este sistema es que permite recoger los lixiviados producidos para ser reutilizados posteriormente, por lo que no produce residuos de este tipo ni contribuye a la contaminación del suelo o de las aguas. Además, al permanecer en un lugar hermético los microorganismos no se difunden por el ambiente y los gases producidos en la fermentación pueden ser recogidos y tratados y así devueltos a la atmósfera, libres de sustancias contaminantes. Al no necesitar volteos, se minimizan los problemas de producción de polvo y de ruidos provocados por máquinas volteadoras.

4. PROCESO PRODUCTIVO

La planta de tratamiento que se va a diseñar tendrá un tamaño mediano, con una cantidad de entrada de residuos de 16.000 toneladas al año. Sabiendo que se trabajan unos 300 días al año, se estima que diariamente deberán entrar a la planta unas 54 toneladas de residuos orgánicos. Considerando una densidad media de los residuos de $0,85 \text{ t/m}^3$, estas toneladas representan un total de $63,53 \text{ m}^3$. Además, sabiendo que una jornada laboral de 8 horas al día, entrarán a la planta 6,75 toneladas a la hora.

A lo largo del proceso, el material sufre una serie de cambios morfológicos y físicos, con entradas y salidas de materiales. La previsión de la evolución del volumen de la masa compostable respecto al volumen inicial a lo largo del proceso se puede apreciar en la figura 5:

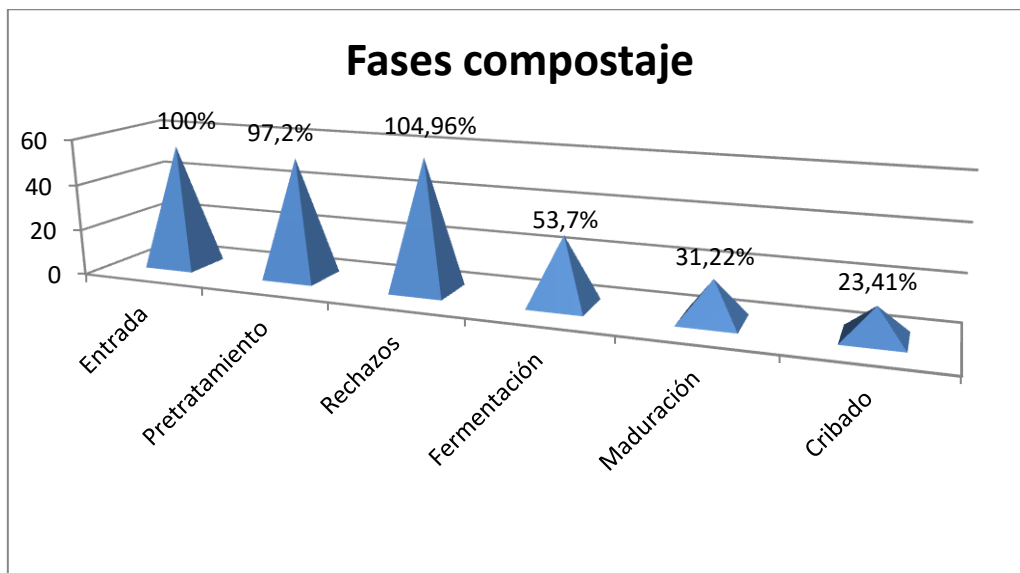


Figura 5. Evolución de la cantidad de material a lo largo del proceso de compostaje.

1. Cuando los residuos llegan a la planta tiene lugar el pretratamiento de los mismos en el que se elimina un 2,7%.
2. A continuación se adicionan los rechazos procedentes de la fase de cribado del compost final. Esto supone un aumento de 0,08%.
3. El proceso de fermentación da lugar a una disminución de materia orgánica del 49%.
4. Durante la maduración se produce una disminución de materia orgánica del 42%.
5. En el cribado se eliminan los materiales de tamaño mayor de 10 mm, lo que supone un 25% de la fase anterior.

- **Programa productivo**

Teniendo en cuenta la tasa de llenado de cada túnel, el llenado completo dura 5 días. Manteniendo un día de descanso semanal, en el que únicamente se irá cuando sea necesario a controlar los diferentes parámetros o a realizar cualquier actividad que no se pudiera aplazar al día siguiente, el tiempo restante se dedicará al transporte de la materia fermentada a la zona de maduración, control de los parámetros, acondicionamiento, afino del compost maduro.... Tras esta semana en la que el tiempo se repartirá entre el llenado de los túneles y otras operaciones, el compost permanecerá en los túneles de fermentación por aireación forzada 14 días. Pasados estos días, comienza el período de maduración que suele durar unas 8 semanas.

Las materias primas que utilizamos se pueden obtener todo el año, por lo que el compost también podrá ser producido durante todo el año de una manera estable.

- **Dimensionado de la zona de recepción**

Diariamente, llegarán a la planta unas 54 toneladas que serán descargadas en la zona de recepción, donde se realizará todo el proceso de pretratamiento de la materia prima con la maquinaria necesaria. Suponiendo que en algún momento nos encontremos con las 54 toneladas en la zona de recepción, se intentará hacer una estimación lo más acertada posible del espacio requerido. No es fácil hacer una buena estimación en este caso por no conocer las dimensiones de los montones de residuos. Pero conociendo la cantidad de materia que puede llegar a haber y dejando un espacio adecuado para el movimiento de la maquinaria y para llevar a cabo las operaciones de acondicionamiento y unos márgenes de seguridad, se puede llegar a estimar la superficie necesaria. En este caso, la zona de recepción tendrá una superficie de unos 1.200 m².

- **Dimensionado de los túneles de compostaje**

Se deberán construir una serie de túneles con el tamaño necesario para albergar todos los residuos que se reciban diariamente para realizar el compostaje.

Atendiendo al tamaño típico de unas pilas en nuestras condiciones, las dimensiones de las pilas que se formarán serán: 21x2,5x 6m. Con ello obtenemos un volumen de pila de: 315 m³. Se supone una densidad de 0'85 t/m³. Con estos datos podemos calcular el número de días que tarda en llenarse un túnel:

$$\begin{aligned} 56,68 \text{ t/día} / 0'85 \text{ t/m}^3 &= 66,68 \text{ m}^3/\text{día} \\ 315 \text{ m}^3 / 66,68 \text{ m}^3/\text{día} &= 4,72 \text{ días} \end{aligned}$$

Por lo tanto, cada túnel se llenará al quinto día. De esta forma cada semana se fabricará un lote. Para calcular el número de túneles necesario, considerando que tardan en llenarse 5 días y que el tiempo de permanencia medio en él es de 14 días, se necesitarán 4 túneles. De esta forma, cuando el cuarto túnel comience a llenarse, el primer túnel ya habrá terminado de fermentar y podrá vaciarse. Así se mantendrá un intervalo de seguridad que evitará la imposibilidad de poder gestionar mayor volumen de residuos por falta de espacio o en el caso de que el compost de algún túnel necesite más tiempo para alcanzar el grado de madurez idóneo.

De la misma manera, la capacidad de los túneles se debe sobredimensionar para evitar problemas por variaciones de densidad o volumen de los residuos. Por ello, mantendremos la altura habitual de la pila en 2,5 metros, pero los cálculos constructivos de los muros que la encierran se realizarán con una altura de 3 metros. De esta forma, si en el futuro se necesitara más capacidad bastaría con aumentar la altura de llenado de los túneles hasta el límite máximo.

- **Dimensionado de la zona de maduración**

Como se ha comentado, tras la fermentación, hay una reducción importante del volumen de la pila. Alrededor de 29 toneladas saldrán diariamente de los túneles de fermentación y deberán ser llevados a la zona de maduración. Allí permanecerán durante 60 días aproximadamente. Al cabo de esos días, habrán salido 1.740 toneladas de material de los túneles, lo que equivale a $2.047,06 \text{ m}^3$ de material. Teniendo en cuenta el tamaño adecuado para las pilas durante la maduración, se construirán pilas con forma trapezoidal con una base de 5 metros, una cumbre de 3 metros y una altura de 2,5 metros. La largura se calcula en función del tiempo que se tarde en formar la pila. Lo ideal sería formar una pila cada semana, que es el tiempo que tarda en salir la materia fermentada de los túneles. Así se construye una pila por cada túnel y se minimizan las diferencias de maduración dentro de una misma pila. Con este planteamiento, si se forma una pila por semana, las toneladas de material que debe contener serán 203 toneladas, o lo que es lo mismo, $238,8 \text{ m}^3$. Si se quiere que ese volumen coincida con el volumen de la pila, su longitud deberá ser de 24 metros. Por temas de distribución del espacio en la planta y por simplicidad a la hora de maniobrar con la maquinaria, se construirán pilas de 12 metros, con lo que resultarán un número doble de pilas que contendrán $119,4 \text{ m}^3$ de material y de cada túnel resultarán 2 pilas. Si el tiempo de maduración es de 60 días, se deberán formar 18 pilas para que, cuando se esté formando la última pila, la primera ya habrá terminado de madurar. Es importante sobredimensionar la zona de maduración, ya que no siempre se puede asegurar una maduración completa a los 60 días ni una venta estable de compost, lo cual provocaría la presencia de las pilas durante más tiempo. Suponiendo que se den situaciones en las que las pilas tengan que estar hasta 84 días en la zona de maduración, habrá 2.436 toneladas, o lo que es lo mismo, $2.865,88 \text{ m}^3$ en ese área. Esto supondría la formación de 24 pilas. Por lo tanto, la zona de maduración se dimensionará para poder albergar 24 pilas.

Manteniendo una separación de unos 4,5 metros entre las pilas para facilitar el paso y las maniobras de las máquinas y unos márgenes de seguridad de unos 7 metros, dejando 8 metros a la salida de los túneles, se obtiene una superficie final de la zona de maduración de unos 5.000 m².

- **Dimensionado de la balsa de lixiviados**

Las dimensiones de la balsa de lixiviados se calculan en función de la capacidad necesaria para albergar el agua de lluvia y los lixiviados que se producen durante el proceso de fermentación. Los cálculos estimativos se desarrollan en anejos posteriores del proyecto, y dan como resultado un volumen de 6.000 m³, con unas dimensiones de:

- Largura: 15 metros.
- Anchura: 8 metros.
- Profundidad: 5 metros.

4.1. Desarrollo del proceso productivo

En este apartado se explicará de forma detallada todos los procesos que se realizan desde que se recoge la materia orgánica hasta que el compost está listo para su venta.

- **Llegada de los residuos a la planta.**

Se necesitará un camión para transportar los residuos orgánicos desde los puntos de origen hasta la planta. El camión contará con un pulpo hidráulico cargador para la recogida de los residuos. Una vez llega a la planta será pesado en la báscula y, mediante basculación descargará los residuos en la zona de recepción donde comenzará el acondicionamiento de los mismos. La pendiente de la zona de recepción permitirá la evacuación hasta un sistema que conduce los lixiviados a una balsa donde se irán acumulando.

- **Pretratamiento de los residuos.**

Se deberá dotar a la planta de maquinaria para el pretratamiento y acondicionamiento previo de los residuos, operaciones fundamentales para un correcto proceso de compostaje. Toda la maquinaria será móvil. Mientras no se use permanecerá en un almacén próximo a la zona de descarga, que también cuenta con un pequeño taller para posibles reparaciones y mantenimiento de las máquinas. Cuando sea necesaria su utilización solo habrá que desplazarlas hasta la zona de recepción. Una vez allí, se pondrán en marcha una serie de actuaciones:

- Eliminación de materiales inertes. En cuanto la materia prima llega a la planta la primera actuación es la de eliminar cuerpos extraños que puedan interferir en el procesamiento, que son los plásticos que acompañan al sustrato postcultivo de champiñón y las cuerdas de las pacas de paja. Para retirar las bolsas de plástico se introduce el material en el tambor de un trómel. El trómel consiste en un tubo perforado giratorio que deja salir el material según el tamaño de las perforaciones del tubo. Será alimentado mediante una pala cargadora. De esta forma, la materia orgánica pasará por las rejillas mientras que las bolsas quedarán en el interior del tambor y podrán ser eliminadas fácilmente. Las cuerdas serán cortadas y eliminadas por un operario. Los plásticos serán valorados por las correspondientes empresas gestoras.
- Trituración de la materia orgánica. Como se ha indicado, el factor de la granulometría de los residuos es fundamental en el proceso de compostaje. Atendiendo a nuestras materias primas de partida, no es necesaria una potente trituración, como podría ser el caso de gruesos restos de poda de jardinería, bosques... Simplemente deberá contar con un sistema que permita

desmenuzar la paja y los agregados que se hubieran podido formar. Además no interesa una trituración intensa porque la paja crea huecos en la pila por los que puede circular el aire, de forma que si esto no fuera así, el compost se compactaría demasiado y no permitiría el paso del oxígeno.

- Mezcla de los residuos. Una buena homogeneización y aireación de los materiales de partida es un factor clave para el correcto desarrollo del compostaje, especialmente en sistemas estáticos como es este caso. Para conseguir este objetivo se utiliza la máquina del punto anterior.

- **Fermentación en los túneles**

Una vez que el material está listo para su transformación biológica, la pala cargadora se encargará de transportarlo y llenar los túneles de fermentación. Los túneles de fermentación están formados por una galería flanqueada a ambos lados por muros de hormigón que permiten la formación de la pila.

Entre los dos túneles se dispone otra galería donde se ubican los ventiladores que inyectan el aire en la base perforada de los túneles. Cada túnel se ha dividido en dos partes, para que mientras se realiza el llenado del mismo con el residuo que se va a compostar, se pueda airear aquel material que se vaya depositando, sin que desperdicie parte del aire inyectado. El total de ventiladores de los 2 túneles es por lo tanto de 4.

En la base del túnel se dispone una estructura hormigonada (sección en doble “T” invertida) y colocada alternativamente, para apoyar sobre ella unas losas perforadas que permiten sustentar el material contenido en el silo e inyectar el aire necesario en el proceso de fermentación.

El aire llega a estas losas a través de unos canales con una pendiente del 2 %, donde los ventiladores suministran el aire. Este aire se distribuye entre los apoyos hormigonados dispuestos alternativamente para que la cantidad de aire inyectado llegue a todas las partes de la pila. La solera donde se sitúan las pilas posee una pendiente del 1 % para la recogida del lixiviado generado. Este lixiviado se descargará en el canal de suministro de aire donde aguas abajo se dispone una tubería que canaliza el lixiviado hasta una arqueta situada en el centro de la galería. Esta arqueta recoge el lixiviado de los 4 canales (1 por ventilador) y lo descarga a través de una tubería de PVC directamente al depósito de lixiviados.

Entre los dos edificios de fermentación se instalará un biofiltro con el objetivo de depurar el aire residual de los túneles de malos olores y elementos contaminantes antes de emitirlo a la atmósfera.

- **Maduración**

Una vez finalizado el proceso de fermentación, el compost se lleva a la zona de maduración donde permanecerá unos dos meses. La pala cargadora será encargada una vez más del transporte hasta la zona de maduración.

- **Afino del compost maduro**

Cuando el compost está maduro, hay que prepararlo para su venta al consumidor. Dos de los parámetros que determinan la calidad del compost son el tamaño de las partículas (granulometría) y la ausencia de elementos inertes. Por ello es necesario un proceso de afino que le confiera una forma esponjosa, homogénea y de granulometría apropiada para la aplicación a la que se destine. Para ello, el compost ya maduro se hace pasar por el mismo tromel usado en el acondicionamiento de los residuos, pero en este caso la fracción fina atraviesa la malla con un diámetro de agujero de 10mm (RD 506/2013, el 90% del material de un compost maduro debe pasar por un tamiz de 10mm) y sale por una cinta transportadora. La fracción gruesa con diámetro mayor sale por otra cinta y se vuelve a compostar.

- **Depósito de lixiviados.**

En la zona más baja de la planta se localizará una balsa de lixiviados donde, por efecto de la gravedad, se recogerán y almacenarán los lixiviados generados en la planta y las aguas pluviales.

Se debe instalar un equipo de bombeo que permita el riego del compost con el lixiviado recogido. Esta operación aportará población bacteriana inicial (en el caso de que no existiese previamente) y nutrientes adicionales que pueden ser fijados por los microorganismos presentes en las pilas en fermentación.

El suelo de la planta estará construido de hormigón (resistente a la corrosión) y con la pendiente adecuada para conducir los lixiviados hacia la balsa de almacenamiento.

4.2. Diagramas de flujo.

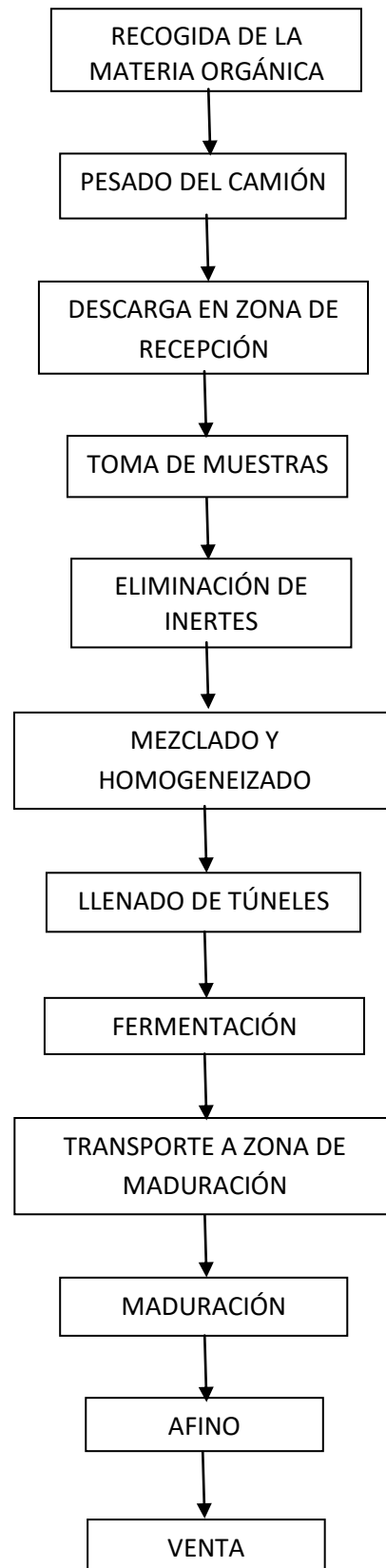
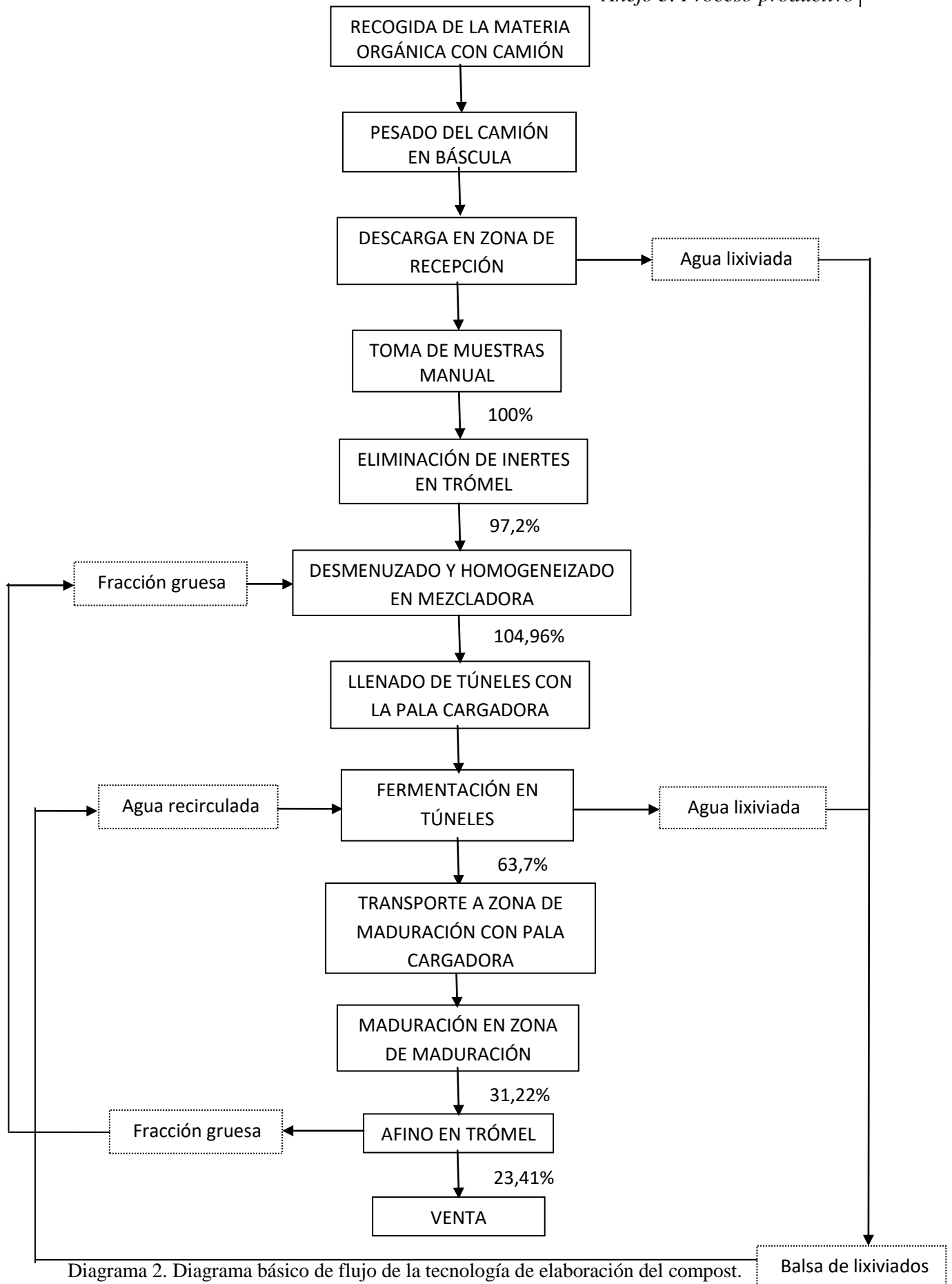


Diagrama 1. Diagrama básico de flujo para la elaboración del compost.



4.3. Cálculo de tiempos de actividad

Para poder elegir las máquinas y equipos necesarios para el desarrollo de la actividad industrial se tomarán como referencia las cantidades necesarias que habrá que gestionar, transportar.... Estos datos pueden ser orientativos a la hora de tomar decisiones sobre rendimiento, capacidad y tiempo.

1.- Transporte.

Recorrido Ayecue: de la planta hasta Ayecue hay 2,7 kilómetros. Es un recorrido con bastantes maniobras y que pasa por las afueras de Autol. Por ello, el camión no podrá ir a mucha velocidad, así que se estima una velocidad media de 14 km/h. Esto da un tiempo de duración del recorrido de 11,6 minutos. Se redondea esa cifra a 15 minutos contando con los tiempos de salida de la planta y llegada a Ayecue. Este recorrido se hace 2 veces (ida y vuelta), así que se obtienen 30 minutos.

Una vez que el camión está preparado para recoger los residuos se calcula el tiempo necesario. Un ciclo de carga y descarga del pulpo son 2,5 minutos. El total de residuos que hay que recoger en este caso son 16,6 m³. Si el volumen del pulpo son 3 m³, será necesario realizar la operación 6 veces. Por lo tanto, el tiempo invertido en la recogida de residuos será: 6veces*2,5minutos=15 minutos. Con esto resulta un total de 47,5 minutos. Se redondea esa cifra a una hora teniendo en cuenta que el viaje de ida se podría aprovechar para llevar compost terminado a los puntos de venta.

Total: 60 minutos.

Recorrido a Avícola Rioja: de la planta a Avícola Rioja hay 13,5 kilómetros. La primera parte del recorrido es muy similar al trayecto hasta Ayecue. Por eso, tomaremos el tiempo anterior: los 2,7 primeros kilómetros tarda 11,6 minutos a una velocidad medio de 14 km/h. El resto del trayecto, 10,8 kilómetros, sí que se realiza por carretera, así que se considera una velocidad media de 50 km/h. El tiempo que tardaría entonces en esa segunda parte, será de 13 minutos. Esto da un total de 24,56 minutos. Se redondea esa cifra a 30 minutos teniendo en cuenta los tiempos de salida y llegada. Este recorrido se hace 2 veces (ida y vuelta), así que resultan 60 minutos.

Una vez que el camión llega a la granja debe recoger 15,32 m³ de residuos, por lo que el pulpo realizará la operación de recogida y descarga 6 veces. Conociendo el tiempo que tarda en llevarlo a cabo, 2,5 minutos, da un total de 15 minutos. Sumando todos los tiempos se obtienen 75 minutos, es decir, 1 hora y 15 minutos. Esta cantidad se redondea a 1 hora y 30 minutos, teniendo en cuenta que el viaje de ida se podría aprovechar para llevar compost terminado a los puntos de venta.

Total: 90 minutos.

Recorrido a los puntos de recogida de la paja: el trayecto hasta los puntos de recogida de la paja se debe realizar dos veces al día. La distancia de la planta al punto más cercano y al más alejado de recogida de la paja son respectivamente 0,6 km y 15 km. Las rutas se diseñarán de tal forma que no haya que ir en el mismo día a dos sitios muy alejados. Es por esto, que se puede tomar un valor medio de distancia al punto de recogida de 7,8 kilómetros. Suponiendo en este caso una velocidad media del camión 30 km/h, resulta un tiempo de 15,6 minutos. Este tiempo se redondea a 30 minutos teniendo en cuenta los tiempos de carga de la paja en el camión y de posible descarga de compost maduro. El recorrido se hace 2 veces (ida y vuelta), así que se obtienen 60 minutos. Como se tiene que ir a por paja dos veces al día, resulta un total de 2 horas.

Total: 120 minutos

2.- Eliminación de impropios en el trómel.

En este punto hay que tener en cuenta que solo se realiza la actividad para los residuos de la industria champiñonera, por lo que se podrá llevar a cabo mientras el camión esté recogiendo otro tipo de materia prima. Por ello, se calcula su duración a efectos de rendimiento, pero no se considerará en el cómputo de todas las horas para la obtención del tiempo final.

Considerando unas dimensiones del tambor del trómel de industrias de compostaje de tamaño medio (\varnothing : 1,6 m y longitud: 4,4 m), se obtiene una capacidad de $8,84 \text{ m}^3$, por lo que si el volumen de residuos que hay que tratar es de $16,6 \text{ m}^3$, se tendrán que realizar 3 operaciones de llenado. Como el total de residuo es $16,6 \text{ m}^3$, cada una de las 3 se llenará con un volumen de $5,53 \text{ m}^3$. Para poder llevarlo a cabo, habrá que llenar el trómel con la pala cargadora. Como la capacidad de la pala es de $3,5 \text{ m}^3$, en cada etapa se necesitarán 2 operaciones de llenado. Si el tiempo que tarda en llevarlo a cabo son 0,5 minutos, se obtiene un total de 3 minutos. El rendimiento máximo del trómel es de $160 \text{ m}^3/\text{h}$. Esto significa que tardará en realizar cada una de estas tandas (de $5,53 \text{ m}^3$ cada una) 2,07 minutos; en total 6,21 minutos entre las 3.

Sumando estos tiempos de llenado de la pala y de tratamiento del trómel se obtiene un total de 9,21 minutos. Una vez más, para ser conservadores esta cifra se redondeará a 15 minutos.

Total: 15 minutos

3.- Mezcla de los residuos.

El volumen de residuos que se trata en este caso es de $66,68 \text{ m}^3$. Si la capacidad de la pala es de $3,5 \text{ m}^3$, el número de veces que habrá que llenar el homogeneizador es de 20 veces. Si la operación llevada a cabo por la pala cargadora dura 0,5 minutos, el tiempo necesario será de 10 minutos.

El volumen de la máquina homogeneizadora usada en industrias como la nuestra es de 20 m^3 , por lo que se llenará al cabo de 5 palas, llegando a un volumen de $17,5 \text{ m}^3$. Conociendo el rendimiento máximo de la máquina, $60 \text{ m}^3/\text{h}$, se halla que el tiempo que tarda en tratar ese volumen de residuos es de 17,5 minutos. Como esta operación se realizará 4 veces hasta gestionar todo el volumen, el tiempo invertido será de 70 minutos.

Finalmente sumando a este valor los tiempos de operación de la pala calculados antes da un total de 80 minutos.

Total: 80 minutos

4.- Llenado del túnel.

El volumen de materiales con el que se trabaja en este caso es de $66,68 \text{ m}^3$. Si el volumen de la pala cargadora es de $3,5 \text{ m}^3$, resulta que hay que realizar la operación un total de 20 veces.

La distancia máxima que debería recorrer la pala, desde la zona de recepción hasta el final del túnel es de 35 metros y la distancia mínima considerando el inicio del túnel es de 15 metros. Con esto se obtiene un valor medio de 25,5 metros. Sabiendo que este recorrido se debe hacer una vez de ida y otra de vuelta un total de 20 veces, los metros que debe recorrer la pala son 1.020. Si su velocidad es de media 10 km/h , el tiempo que tardará será de 6,12 minutos. Teniendo en cuenta las aceleraciones y deceleraciones que se producen cuando la pala llega o sale de un punto, ese valor se podría redondear a 20 minutos.

Sumándole los tiempos de carga y descarga: $0,5 \text{ min} * 20 \text{ veces} = 10 \text{ min}$, y redondeando de nuevo, se obtiene un valor aproximado de 30 minutos.

Total: 30 minutos

5.- Vaciado del túnel.

El volumen de residuos que sale de cada túnel es de $34,12 \text{ m}^3$. Como la capacidad de la pala cargadora es de $3,5 \text{ m}^3$, será necesario llevar el material del túnel a la zona de maduración un total de 10 veces. Como el tiempo que tarda la pala en realizar las operaciones de vaciado y formación de la pila es de 0,5 minutos, obtenemos un tiempo total de 5 minutos.

La distancia máxima que se podría necesitar recorrer son 50 metros y la mínima, 15 metros. Haciendo el valor medio de los dos, se obtienen 32,5 metros. Esta distancia se recorrerá de ida y de vuelta, un total de 10 veces, lo que suponen 650 metros. Conociendo la velocidad de la pala cargadora, 10 km/h , se obtienen 3,9 minutos.

Sumando los dos tiempos obtenidos resulta un total de 8,9 minutos, que se redondea a 20 minutos debido al tiempo que se invierte en acelerar, frenar, formar la pila...

Total: 20 minutos

6.- Cribado.

El volumen de material que hay que tratar en este caso es de $19,84 \text{ m}^3$. Conociendo las dimensiones del tambor del trómel (\varnothing : 1,6 m y longitud: 4,4 m) se obtiene una capacidad de $8,84 \text{ m}^3$, por lo que con ese volumen de residuos que hay que tratar, se tendrán que realizar 3 operaciones de llenado. Como el total de residuo es $19,84 \text{ m}^3$, cada una de las 3 se llenará con un volumen de $6,61 \text{ m}^3$. Para poder llevarlo a cabo, habrá que llenar el trómel con la pala cargadora. Como la capacidad de la pala es de $3,5 \text{ m}^3$, en cada etapa se necesitarán 2 operaciones de llenado. Si el tiempo que tarda en llevarlo a cabo son 0,5 minutos, se obtiene un total de 3 minutos.

El rendimiento máximo del trómel es de $160 \text{ m}^3/\text{h}$. Esto significa que tardará en realizar cada una de estas tandas (de $6,61 \text{ m}^3$ cada una) 2,48 minutos; lo que supone un total de 7,44 minutos entre las 3.

Sumando estos tiempos de llenado de la pala y de tratamiento del trómel se obtiene un total de 10,43 minutos. Una vez más, para ser conservadores esta cifra se redondeará a 15 minutos.

Total: 15 minutos

- **Duración de las operaciones en un día de máxima actividad.**

Se realizará la suma de todos los tiempos de duración de las distintas actividades que se realizan en la planta, teniendo en cuenta un día de máxima actividad, en el que coincide la ejecución de todos los procesos, sin solapamiento, a excepción del cribado inicial del residuos postcultivo de champiñón, que se llevará a cabo mientras se recoge otro tipo de materia prima con el camión.

Duración total: 415 minutos = 6 horas y 55 minutos.

Las labores de procesado en la planta tendrán una duración de unas 7 horas. Si la jornada laboral es de 8 horas al día, la hora restante se utilizará para cubrir los tiempos de descanso de los trabajadores, higiene personal y para la limpieza de equipos y máquinas.

5. INSTALACIONES Y EQUIPOS NECESARIOS

5.1. Zona industrial

- **Camión basculante de dos ejes.**

Camión construido en acero para la casa IVECO Trakker AD410.T41 calidad del acero HARDOX 450-400. Modelo ZDR-F-6H450/8H450-18m³. Peso: 16.080 Kg. Potencia de 410 CV (302Kw), medidas interiores de la caja en mm: 6.500x2.300x1.250. Capacidad de caja a ras de 18 m³ y de 22 m³ colmada. Puerta trasera de una hoja con apertura automática y giro superior. Cilindro frontal telescópico con 49 grados de ángulo de vuelco. Cuenta con pulpo hidráulico cargador para la recogida de los residuos y lona para cubrir manualmente la caja.

Precio: 37.560 euros



- **Báscula puente de 60 Tn de fuerza.**

Consta de una plataforma metálica empotrable de 12 x 3 metros, que incluye sistema electrónico de pesaje (antifraude), con filtro de red para evitar perturbaciones, visualizador a distancia e impresora de ticket tarada y ayudas a montaje.

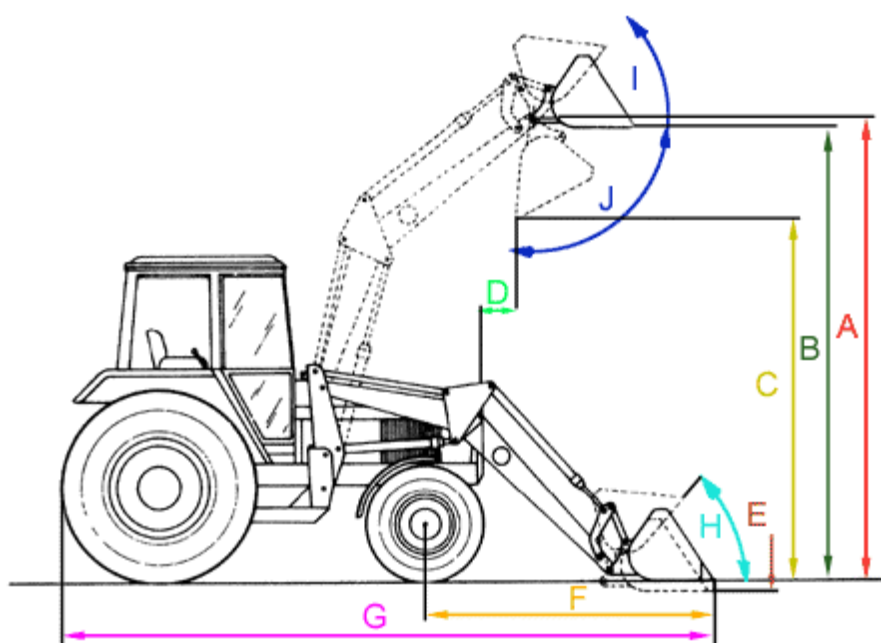
Precio: 9.022 euros



Báscula puente para el pesado de camiones.

- **Pala cargadora.**

Pala cargadora marca John Deere, modelo 6000- 4/XD.II con una potencia de 117 CV (159Kw), y con una pala de capacidad 3.500 litros y un peso total de 3.880 Kg.



Especificaciones técnicas:

- A) Altura de elevación (mm): 4.150
- B) Altura libre máxima con cazo horizontal (mm): 4.000
- C) Altura libre máxima con cazo volteado (mm): 3.150
- D) Distancia al tractor con cazo volteado (mm): 100
- E) Profundidad de excavación (mm): 80
- F) Voladizo con cazo al nivel del suelo (mm): 2.350
- G) Longitud total (mm): 5.770
- H) Ángulo de recogida al nivel del suelo: 40°
- I) Ángulo de recogida a la altura máxima: 60°
- J) Ángulo de volteo a la altura máxima: 90°
- K) Capacidad de elevación a altura máxima (kg): 1.500
- L) N° de cilindros de elevación (Doble Efecto): 4

Precio: 19.500 euros.



- **Homogeneizador/triturador.**

La máquina que se utilizará en la planta corresponde con el modelo SAM 4 600/200-G/ME, similar a la de la figura. Cuenta con dos tornillos sinfín cortadores y mezcladores de acero de alta resistencia. Sus medidas son, en mm: 7.300 x 2.300 x 2.530. La capacidad de la tolva es de 20 m³ y su peso de 7.500 Kg. Tiene una potencia de 65 kW y un rendimiento de 60 m³/h.

Toma de fuerza: 540 rpm. Ruedas: 385/65 R 22,5. Lleva incorporado un dispositivo de pesaje

Precio: 22.000 euros



- **Tambor tamizador móvil para compost**

En la planta se utilizará un tambor tamizador de Farwick modelo Jumbo. El rendimiento máximo es de 160 m³/h. Está compuesto por un motor diésel de 4 cilindros, 60 kW (80 hp) refrigerado por agua. Ajustable la velocidad de alimentación y de rotación del tambor.

Especificaciones técnicas:

- Longitud del interior del tambor : 4.400 mm
- Diámetro del interior del tambor : 1.600 mm
- Interior del tambor: 80 mm de malla en pretratamiento y 10 mm en afino final
- Peso total permitido: 14.000 kg
- Longitud total de la máquina: 10.900 mm
- Anchura total de la máquina: 2.550 mm
- Altura total de la máquina 3.900 mm
- Compuesto por dos ejes de 6.500 kg cada uno
- Neumáticos de 285/70 R 19.5

Precio: 125.000 euros



Trómel con tolva de alimentación.

5.2. Zona no industrial

• Laboratorio.

El laboratorio es el lugar donde el técnico realizará las tareas de análisis de los residuos recibidos, el agua de los lixiviados, y control de calidad del compost y de los parámetros del proceso. El laboratorio deberá disponer como mínimo de los siguientes equipamientos:

- Mufla de 500 °C: para medidas de densidad, humedad de los residuos y determinación de los sólidos volátiles.
Precio: 1.742,93 euros
- Espectrofotómetro molecular/atómico: para medidas de concentraciones de nutrientes primarios y secundarios y la presencia de metales pesados.
 - ✓ N, P, K (nutrientes primarios)
 - ✓ N – NH₃, N – NO₃, N – NO₂ (Amoniacó , Nitritos y Nitratos)
 - ✓ Ca, Mg, Na, etc...
 - ✓ Fe, Mn, etc...

Precio espectrofotómetro molecular: 3.155,31 euros
 Precio espectrofotómetro atómico: 9.405,84 euros
 Precio total: 12.561,15 euros
- Destilador y digestor KJEDAHN: para medidas de concentraciones N – Total (Nitrógeno Kjedaht), N – NH₃ (Nitrógeno amoniacal)
 - ✓ N, P, K (nutrientes primarios)
 - ✓ Ca, Mg, Na, etc...
 - ✓ Fe, Mn, etc...

Precio del destilador: 1.081,82 euros
 Precio del digestor: 1.304,19 euros
 Precio total: 2.386,01 euros
- Rotavapor: Concentraciones de aceites y grasas.
Precio total: 432,73 euros
- Reactivos de laboratorio:
 - ✓ Ac. Sulfúrico (+ Dicromato Potásico : Determinación de % C y % Materia orgánica)
 - ✓ Ac. Clorhídrico
 - ✓ Éter
 - ✓ Amoniacó
 - ✓

Precio total: 240,40 euros

- Equipos de pesaje de precisión: granatario, balanza de precisión.
Precio total: 106,38 euros
- Material fungible: pipetas (100, 50, 25, 20, 10, 5 ml) Buretas (1000, 500, 200, 100, 50 ml), Embudos de separación de grasas (500 ml), embudos Buckner (500, 250 ml), agitadores, etc.
Precio total: 1.502,53 euros
- Biodestilador: Para la obtención de agua destilada.
- Electrodo selectivos: Para la medida de concentraciones de Cloruros, Nitrato, etc...
- Mesas con bombas de vacío: para la determinación de los sólidos en suspensión, disueltos, volátiles.
- Mesa central: compuesto de estructuras modulares resistentes a la corrosión de elementos químicos. Modelo de 1200 mm.
Precio unidad: 459,78 euros. Se adquirirán tres mesas.
Precio total: 1.379,34 euros
- Mesas mural: Para el control de los gases del espectrofotómetro atómico. 6 mesas
Precio unidad: 202,84 euros
Precio total: 1.217,04 euros
- Armario de seguridad de las bombonas de gases: armario de seguridad para contención de cualquier tipo de botella de gases. Zona interior resistente al rozamiento y construida con chapa de aluminio estriado.
Precio total: 1.051,77 euros
- Frigorífico: Para el mantenimiento de las muestras recogidas.
Precio total: 336,57 euros.

Para poder albergar todos los equipos, las dimensiones del laboratorio serán: 50,76 m².

- **Oficinas y despachos.**

Se realizarán las funciones el personal administrativo. Mobiliario oficinas y despacho (archivadores, mesas, sillas, ordenadores, fotocopidora)

Precio total : 7.212,14 euros.

Las dimensiones del despacho serán 19 m² y de la oficina 17,86 m².

- **Sala de control y pesaje.**

Contará con todo el equipamiento necesario para el control de la báscula y llevar un registro de todo el material que entra y sale de la planta. Además se controlará el estado de los procesos y los equipos.

- Mobiliario sala de control: Mesas, sillas, ordenador y sistema de control y pesaje

Precio total : 3.906,57 euros.

Las dimensiones de la sala de control y pesaje serán 17,39 m².

- **Sala de descanso.**

Espacio destinado para el descanso de los empleados y el personal administrativo. Las dimensiones de la sala de descanso serán 13,03 m².

- **Vestuarios.**

Los utilizarán los empleados y el personal administrativo. Dispondrán de lavabos, taquillas, duchas.....

La planta contará con un vestuario femenino con unas dimensiones de 16,38 m² y otro masculino de 15,96 m².

- **Recepción.**

Las dimensiones de la zona de recepción serán 21,98 m².

6. MANO DE OBRA

- **Edificio de usos múltiples**

- Laboratorio: en el laboratorio habrá dos personas encargadas de realizar las pruebas, análisis y determinación de las mezclas pertinentes e investigación de posibles mejoras. Estará formado por un/a técnico de laboratorio y un biólogo/a.
- Oficina: compuesto por un administrativo/a. Encargado de realizar las gestiones pertinentes como podrán ser cobro de las materias primas y del producto, pago de nóminas, etc.
- Despacho y zona de control y pesaje. Habrá un ingeniero técnico agrónomo o similar para llevar el control del proceso y determinar las acciones que conlleven a una buena gestión de la empresa. Se encargará también de la comercialización del producto.

- **Zona de producción.**

- En esta zona habrá cuatro operarios encargados de las tareas de transporte, acondicionamiento, tratamiento, fermentación, maduración, manejo y mantenimiento de la maquinaria, etc.

La plantilla total de la empresa está formada por 8 personas.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 4. ESTUDIO DE MERCADO

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

ÍNDICE

1. EL COMPOST COMO PRODUCTO.....	1
2. EL COMPOST EN EUROPA.....	2
2.1. Plantas presentes en los principales países productores	2
2.2. Producción de compost en los principales países productores	2
2.3. Tipos y calidades de compost.....	3
2.4. Reglamentaciones.....	4
2.5. Tipos de compost.....	7
2.6. El compost en los países líder de mercado	8
2.7. Conclusiones	12
2.8. Destino del compost	14
3. EL COMPOST EN ESPAÑA	16
3.1. Tipos de compost.....	17
3.2. Demanda actual de los usuarios del compost	20
3.3. Calidad y precio del compost	23
3.4. Clientes del compost en el mercado español	25
3.5. Conclusiones	27
4. DEMANDA POTENCIAL Y DESEQUILIBRIOS OFERTA-DEMANDA.....	28
5. POTENCIAL DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA RIOJA	31

1. EL COMPOST COMO PRODUCTO

La asignatura pendiente del sector del compost en Europa es el establecimiento de una situación estructurada que permita su venta. Para que el compost pueda ser objeto de transacciones, debe tener unas características concretas, estables y definidas que le confieran la consideración de producto, para que pueda existir una demanda definida en competencia con otros. Esta competencia se establece con productos derivados de turba, corteza, humus, estiércoles, fertilizantes minerales... que cuentan con experiencia en el mercado, conocimiento del producto por parte de los usuarios y una organización de ventas establecida. La instauración de estándares y criterios de calidad y la diferenciación de los diferentes orígenes del compost a nivel europeo también mejorarán el panorama en este sentido y ampliarán el mercado de este material.

En la mayoría de situaciones, al establecer las características del compost no se tienen en cuenta las necesidades que reclaman los posibles usuarios o destinos. En contadas ocasiones, las instalaciones tienen como objetivo fabricar un compost de determinadas características (uso en jardinería, aplicación en agricultura ecológica, fabricación de substratos). Por esta razón, es importante que las plantas informen de las características del material que obtienen y de cómo interpretarlas, y que los técnicos correspondientes divulguen la mejor manera de usarlo. Al no existir una definición clara y consensuada, por el momento, de las características del compost como producto, los posibles usuarios desconocen qué pueden esperar de la enmienda y qué pueden exigir. Muchos consumidores no perciben los beneficios de aplicar materia orgánica en sus cultivos, sea porque estos beneficios no son inmediatos (sino a medio-largo plazo) o sea porque existe la tendencia a pensar que son beneficios que no repercuten sobre la productividad (o de no valorar lo suficiente la mejora que conlleva sobre las características nutricionales del cultivo).

Además del desconocimiento de la enmienda y de sus posibles usos y beneficios, existen varias malas experiencias relacionadas con los resultados de ciertas plantas de tratamiento que han llegado a desprestigiar en cierta manera el compost. Esta barrera debe superarse mediante el control y la garantía de calidad del compost y la concienciación medioambiental, logrando así convertir este problema en una ventaja, como se ve reflejado en los países de referencia en este anejo, donde el compost tiene una mejor imagen al ser además de un producto de calidad contrastada, una solución ambientalmente satisfactoria al problema de tratamiento de los residuos. Todo esto se debe complementar con campañas de sensibilización dirigidas a los generadores de la materia prima y a los usuarios del producto final, además de escoger el tipo de tecnología más adecuada. Debe desarrollarse el mercado del compost a la vez que la conciencia de calidad.

2. EL COMPOST EN EUROPA

2.1. Plantas presentes en los principales países productores de compost

En el gráfico 1, se muestran el número de plantas de compostaje de residuos urbanos existente en los países europeos en el año 2010. Como puede apreciarse hay un grupo de países formado por Austria, Alemania, Reino Unido, Suiza e Italia, que disponen de varios cientos de plantas de compostaje para sus residuos. Entre estos cinco países se agrupan casi las tres cuartas partes de las plantas del conjunto europeo.

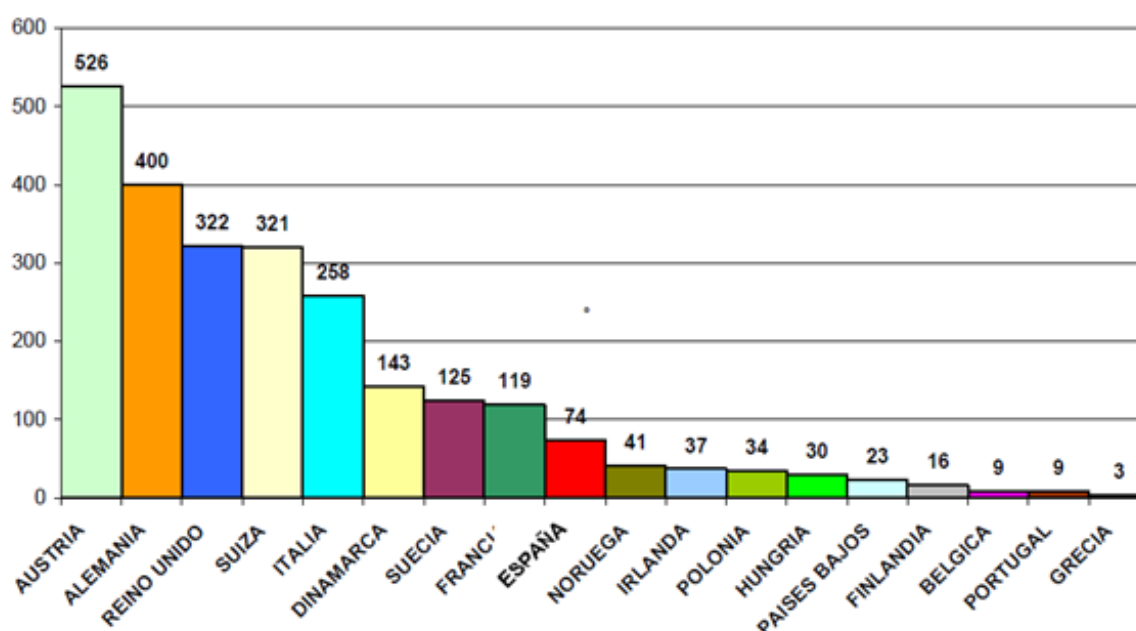


Gráfico 1. Número de plantas de compostaje presentes en los principales países productores de compost

2.2. Producción de compost en los principales países productores

En cuanto a la cantidad de compost producido, Alemania destaca por su elevada producción con casi la mitad del total. Si se suma a esa producción las de Reino Unido, Austria, Italia, Holanda y España se obtiene un 88% del total generado (Gráfico 2).

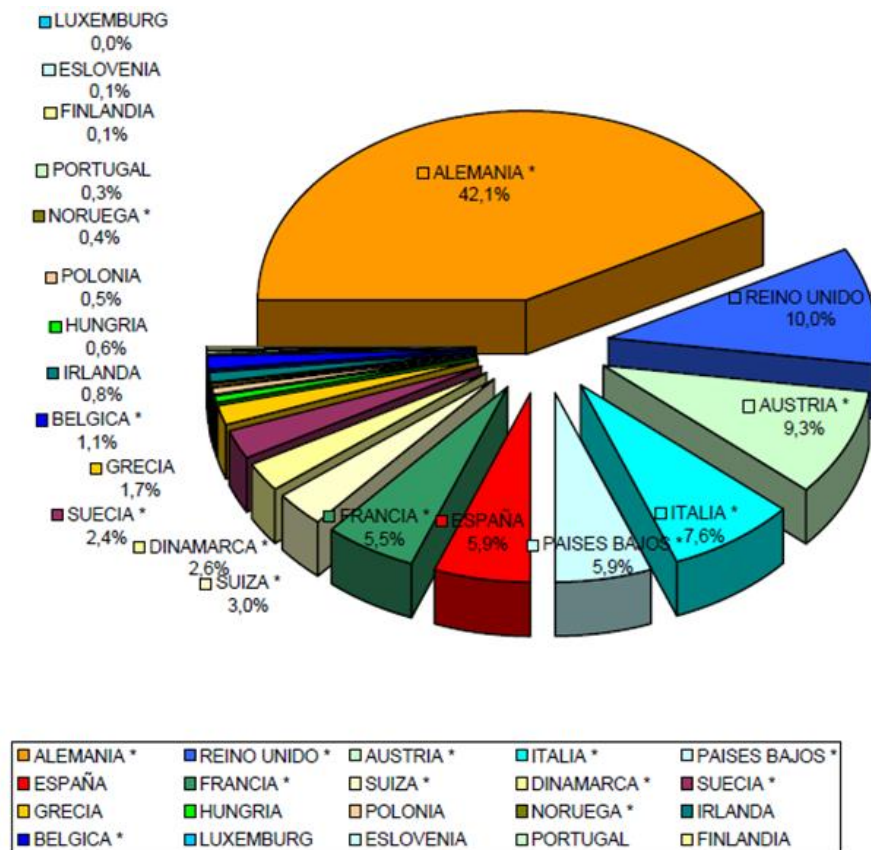


Gráfico 2. Cantidad de compost producido en los principales países productores.

*Se ha destacado en el gráfico anterior la presencia en algunos países de importantes volúmenes de restos de parques y jardines en sus materias primas.

2.3. Tipos y calidades de compost

Los tipos y calidades de compost y su relación con los precios de venta existentes suelen ser determinantes para la definición del mercado de estos productos. En Europa existe una notable diversidad de situaciones en los distintos países en relación a cómo valorar la calidad del compost.

El concepto de calidad de un producto puede entender de diferentes maneras, pero lo que la distingue principalmente para el caso del compost es la reglamentación, tipos de productos finales que se definen en ciertos países y las características específicas que se encuentran en los países más destacados en su definición y acreditación de calidad.

2.4. Reglamentaciones

Desde el punto de vista legislativo, y al contrario de lo que pasa con los abonos inorgánicos (Reglamento (CE) 2003/2003, relativo a los abonos en Europa), la estandarización de los abonos orgánicos, mezclas, enmiendas, sustratos... resulta compleja. No existe una normativa europea donde estén contemplados estos productos, así que cada país regula (en el caso de que tenga legislación al respecto) su mercado, siendo normalmente utilizados parámetros tales como la presencia de patógenos, contenidos máximos permitidos de metales pesados o el contenido en materiales inertes como criterio para catalogarlos, y no precisamente sus propiedades agroquímicas.

Esta situación da lugar a diferentes formas de determinar la calidad de un compost, la cual puede basarse en diferentes parámetros:

- A la entrada del proceso.
- Ligadas al proceso de compostaje (para intentar asegurar un control de calidad de la instalación de compostaje, incluyendo las fases de tratamiento y/o la tecnología utilizada)
- Al final del proceso – relativas a los productos finales. Estas normas fijan los umbrales límite para los elementos potencialmente tóxicos o definen las características agronómicas del compost.
- Relativas a la calidad de los suelos.

Calidad de los materiales entrantes

La idea más extendida en referencia a la utilización de la materia prima a la entrada del proceso parece ser la elaboración de una lista de materiales autorizados para el compostaje. Alemania, Austria, Suecia y los Países Bajos recurren a listas de materiales apropiados. La región de Flandes en Bélgica, establece que el tipo de materia prima inicial define la categoría del producto final.

Es importante hacer una aclaración en este punto sobre la importancia de los procesos de recogida de la fracción orgánica de restos urbanos en relación a la calidad del producto final. De este modo surge la siguiente diferenciación:

- Recogida mixta y separación mecánica.
- Recogida separada en origen.

En el primer caso, tras la transformación del material compostable, que es una mezcla de restos orgánicos y otros elementos (vidrios, plásticos, metales, etc.), no se consigue una buena limpieza del compost ni una calidad competitiva para el mercado de las enmiendas orgánicas. La

recogida separada en origen de la fracción orgánica es una operación cada vez más extendida en la U.E. El material compostable es mucho más adecuado y homogéneo que en el caso anterior, sin residuos no biodegradables.

Control del proceso y de las condiciones de explotación

En la mayoría de los países, el control contemplado en la normativa respecto al proceso de gestión en la planta se limita a los aspectos de higiene y sanidad. El objetivo es asegurarse de que el proceso de tratamiento genera un producto que sea higiénicamente seguro, desprovisto de bacterias patógenas y con niveles muy bajos de semillas de malas hierbas.

Para lograrlo se definen frecuentemente los criterios que se deben cumplir relativos a olores y a las curvas temperatura-tiempo (que garantizan que el compost se eleve a una temperatura mínima durante un período de tiempo mínimo).

Determinación de la calidad de los productos finales

A pesar de la diversidad existente ya mencionada, hay unos conceptos básicos que sustentan las normas sobre calidad de productos finales y que se refieren a:

- Los metales pesados. Cada país establece los umbrales límite de concentraciones en metales pesados en las reglamentaciones aplicables al compost. En ocasiones se autorizan umbrales de tolerancia o factores de desviación (Alemania, Países Bajos), lo que permite garantizar una cierta seguridad y estabilidad en la producción.
- Los contaminantes orgánicos. Están presentes generalmente en cantidades muy bajas. Sin embargo resulta de extrema importancia el riesgo de la posible contaminación por el uso de organismos genéticamente modificados en la agricultura ecológica en los países donde se contempla el uso del compost producido en esta actividad.
- La presencia de agentes patógenos, de impropios y de malas hierbas. Casi todos los países que actualmente disponen de normas poseen criterios o test analíticos para valorar el nivel de contenido en agentes patógenos, controlar la presencia de impropios o de malas hierbas.

La normativa europea distingue 3 grupos de productos en función de los tres niveles en metales pesados que contengan (Tabla 2):

- Las dos clases definidas en el Documento de Trabajo de “Tratamiento Biológico de Biorresiduos”.
- Los niveles para la Ecoetiqueta.
- Los niveles para la Ecoetiqueta para Agricultura Ecológica, algo más restrictivos que para

la anterior.

Tabla 1. Grupos de compost establecidos en la UE

Metal pesado	Límites de concentración			
	Sólidos: mg/kg de materia seca		Líquidos: mg/kg	
	CE		Ecoetiqueta CE	Ecoetiqueta CE Agricultura Ecológica
	Clase 1	Clase 2		
Cadmio	0,7	1,5	1	0,7
Cobre	100	150	100	70
Níquel	50	75	50	25
Plomo	100	150	100	45
Zinc	200	400	300	200
Mercurio	0,5	1	1	0,4
Cromo (total)	100	150	100	70

Las clases de mayor calidad de Austria, España y Reino Unido se corresponden a la Ecoetiqueta CE de Agricultura Ecológica. Son los únicos países que cuentan en su clasificación con tipos de productos finales que no sobrepasan esos límites.



Figura 1. Ecoetiqueta CE



Figura 2. Ecoetiqueta CE Agricultura Ecológica

Seguimiento de la calidad de los suelos

La reglamentación de los aspectos potencialmente nocivos de la producción y utilización del compost suele completarse con normas relativas a los aspectos medioambientales y/o sanitarios de la aplicación del compost sobre los suelos.

Los umbrales límite de aplicación del compost en cuanto a su dosificación tienen un carácter claramente preventivo. Considera por una parte la concentración en metales pesados y por otra el contenido en nutrientes.

Estas normas pueden parecer contrarias al fomento y desarrollo de los mercados del compost, pero en realidad al contemplar de forma más global el conjunto de situaciones

existentes, a medio y largo plazo son eficaces ya que mantienen una posición de sostenibilidad al proteger el medio ambiente y satisfacer a los usuarios finales.

2.5. Tipos de compost

Como es lógico, debido a la aplicación de los distintos tipos de reglamentaciones, las características de los productos finales terminan generando “tipos” de calidad para el compost. En todos los casos, los umbrales límite deben al menos permitir definir claramente cuándo el compost se convierte en un producto, y llegar a una clasificación lo más simple posible.

En la tabla siguiente se muestran los tipos de compost presentes en algunos países y los fundamentos que siguen para su clasificación y restricciones de uso.

Tabla 2. Tipos de compost en algunos países europeos.

País	Nº de clases	Principio de clasificación	Descripción
Alemania	2	Umbrales límite con concentración de metales pesados	-Orden biorresiduos (I) -Orden biorresiduos (II)
Austria	3	Umbrales límite con concentración de metales pesados	-Clase A+ (agricultura ecológica) -Clase A (agricultura, jardinería doméstica) -Clase B (usos no agrícolas) -Clase C (paisajismo, rehabilitación)
Bélgica (Flandes)	3	Materias primas	-Biocompost procedente de residuos biodegradables separados en origen -Humotex digestato compostado -Compost verde procedente de residuos de jardinería separados en origen
España	3	Umbrales límite con concentración de metales pesados	-Clase A (sin restricciones de dosificación) -Clase B -Clase C (< 5 t/año usos agrícolas)
Países Bajos (Holanda)	2	Umbrales límite con concentración de metales pesados	-Compost -Compost 1ª calidad
Noruega	4	Umbrales límite con concentración de metales pesados	-Clase 0 (sin restricciones de dosificación) -Clase I uso en agricultura y áreas verdes 40 t/ ha -Clase II uso en agricultura y áreas verdes 20 t / ha -Clase III uso en áreas verdes 5 cm/ 10a
Reino Unido	4	Destino final	-Mejorador de suelo -Acolchado -Sustrato de cultivo -Mantenimiento de la cubierta vegetal

Destacan las clasificaciones llevadas a cabo en Reino Unido y Bélgica. El primer caso establece la diferenciación del producto en base a las materias primas de partida y el segundo

caso en función del uso final al que se destine (cumpliendo siempre los requerimientos mínimos higiénicos).

2.6. El compost en los países líder de mercado

A continuación se hace una breve descripción de los países en los que parece que el mercado se encuentra mejor definido y que son más relevantes en este aspecto por su experiencia, recursos invertidos y resultados en la clarificación y dinamización del mercado.

Alemania

Debido a la mala imagen que a finales de los ochenta adquirió el compost de residuos mezclados, la industria alemana del reciclaje en 1989 promovió una iniciativa de calidad en el compostaje que originó la fundación de la BGK (German Compost Quality Assurance Organisation; Organización Alemana de Control de Calidad del Compost). En el año 1991 fue establecida una norma de calidad, una etiqueta de calidad y el RAL, el sistema de control de la calidad del compostaje de la materia orgánica.



La comercialización del compost funciona muy bien en Alemania. Las plantas que poseen una buena calidad y una experiencia razonable en la comercialización y tienen una gran demanda de compost. El proceso se lleva a cabo por las propias plantas con el apoyo de la BGK bajo la forma de directrices de cómo aplicar el compost e información de la calidad del mismo.

Figura 3. Sello de garantía de calidad del compost en Alemania.

Para fomentar las actividades de formación, los asesores regionales de la BGK organizan cursos de formación regionales que se realizan según las necesidades concretas de las plantas de compostaje.

Suiza

En 1999 se fundó el ASCP, la Asociación Suiza de Plantas de Compost y Metanización, con la intención de cambiar la imagen del compost cara al gran público y a los



Figura 4. Sello de garantía de calidad del compost en Suiza.

usuarios.

Estimulada y parcialmente financiada por las autoridades federales y por varios cantones, la ACSP desarrolló un programa de formación, guías de directrices, una oficina de inspección y una etiqueta, con el objetivo de garantizar altos estándares de calidad, tanto en el proceso de gestión como en sus productos.

En 2005 la ASCP creó un esquema de auditoría independiente reconocido a nivel nacional como inspección para las plantas de procesamiento de biorresiduos. Se constituyó una comisión de inspección con representantes de todas las partes involucradas: productores de compost y sus marcas asociadas, autoridades federales y cantonales, institutos de investigación y usuarios finales.

En 2006, la comisión de inspección publica un listado de materias primas y aditivos para compostaje dependiendo del proceso de tratamiento (disponible en internet en formato pdf).

Austria

La Sociedad Austriaca de Calidad del Compost, SAQ (KGVÖ/BKAI) asocia a 13 grandes empresas de productores de compost, así como a expertos, empresas relacionadas, y organismos con el objetivo de establecer un sello de calidad para la comercialización del compost fundamentado en un Sistema de Control y Garantía de Calidad del Compost oficialmente reconocido.



El SAQ austriaco es muy similar al sistema alemán, con la diferencia de que el gerente de la instalación tiene que seguir un programa de formación específica, y que se debe llevar un diario, anotando ciertas precisiones relativas a la explotación. Los estándares federales (ÖNORMEN) han definido cuatro categorías de calidad de los productos finales. La de más alto nivel se permite utilizar en la agricultura ecológica. La demanda por compost de esta calidad está subiendo por parte de los agricultores y comunidades de vecinos.

Figura 5. Sello de garantía de calidad del compost en Austria.

Por último, destacar que en 2014 se prohibió en el país el vertido de materiales con más del 5 % de carbono orgánico en vertedero.

Dinamarca

Las regulaciones existentes en la normativa de calidad de Dinamarca eran insuficientes para satisfacer los requerimientos de información del usuario final más allá de la relativa al contenido en metales pesados del compost que compraban. Necesitaban por ejemplo, tener recomendaciones para la aplicación.

Para llenar este vacío existente, DAKOFA (Danish Waste Management Association) que es la Asociación Danesa en Gestión de Residuos desarrolló un Díptico del Producto (Product Sheet) sobre los datos del producto como una medida voluntaria para mejorar la calidad, uso y venta del compost así como para mejorar la confianza del consumidor.

En la primera hoja incorpora información básica sobre el compost y el productor, como el lugar de producción y nombre del responsable, las materias primas utilizadas y nivel de nutrientes, sugerencias de utilización y resultados esperados, control de calidad, etc. La segunda hoja realiza la función de impreso de declaración y muestra “los parámetros garantizados” (los que el productor tiene que garantizar, para dar confianza en el producto a los consumidores).

Italia

Italia ha experimentado un significativo desarrollo de su regulación de los residuos y de su capacidad de compostaje en los últimos años. El CIC (Consorzio Italiano del Compost o Asociación de Productores de Compost) es una organización sin ánimo de lucro al que pertenecen todas las grandes empresas italianas de residuos que producen o quieren producir compost. Como resultado de la comunicación entre todas las partes se ha creado un Sistema de Certificación de calidad nacional (SAQ) para identificar las condiciones controladas de los procesos en las instalaciones y los tipos de productos deseables para cada aplicación. Algunas regiones cuentan con programas de subvenciones (entre 150 y 230 €/ha) para reducir el uso de fertilizantes minerales y favorecer la aplicación de enmiendas orgánicas en suelos con niveles bajos de materia orgánica.



Figura 7. Sello de garantía de calidad del compost en Italia.

Además, existe un decreto que establece que las Administraciones Públicas deben incorporar al menos un 30% sobre el total de sus gastos en “compras verdes” (fundamentalmente procedentes del reciclado). En cuanto al compostaje doméstico hay que destacar que muchos municipios ofrecen rebajas (10-30% sobre el impuesto de basuras) a los domicilios que lo llevan a cabo.

Flandes (Bélgica)

En Flandes, el negocio y la producción de compost empezó a crecer gracias a un proceso de planificación estratégica de su Ministerio Regional de Medio Ambiente y de su Oficina Pública de Residuos (Flemish Public Waste Office, OVAM).

La necesidad de disponer de una promoción del uso del compost fuerte y eficiente dio lugar a la creación en 1992 de una organización independiente, que se convirtió en el actual Vlaco, que es la Organización de Compost de Flandes.



Figura 6. Sello de garantía de calidad del compost en Bélgica.

Vlaco trata de ofrecer una visión integrada del sector del compost en el que todos los productores son o pueden ser miembros y cuyas actividades son activas en el ciclo completo del compost. Vlaco actúa como una plataforma de debate para todos aquellos involucrados en el proceso. De este modo, no promociona un producto en particular sino un concepto, una idea. Esta organización basa su trabajo en que el reciclaje solo es útil si el producto final es de buena calidad. Usa un sistema denominado TQC (Control de la Calidad Integrada). No solamente se controla el producto final sino todo el proceso de compostaje. El sistema de control de calidad se basa en diferentes procedimientos administrativos y visitas regulares.

Reino Unido

La Asociación del Compostaje (The Composting Association) se fundó en 1995 y es la organización que en Reino Unido promueve la gestión sostenible de recursos biodegradables. Actúa como un recurso central, investigando, recogiendo y distribuyendo información. Cuenta con miembros de todos los sectores de la industria británica de gestión de residuos, incluyendo productores de compost, agencias reguladoras, autoridades locales, consultores, proveedores, usuarios de compost, profesorado, estudiantes y ciudadanos. La Asociación del compostaje sigue el siguiente esquema de certificación:



Figura 8. Sello de garantía de calidad del compost en Reino Unido.

- Asegurar el desarrollo de una técnica de gestión sostenible de tratamiento biológico de los residuos, mediante la recogida e interpretación de datos en origen.
- Desarrollar y ejecutar talleres, seminarios y cursos para mejorar la capacitación y el conocimiento del personal que trabaja en la industria del compostaje, agencias reguladoras, autoridades locales, profesionales en industrias paralelas y el público en general.

Países Bajos

Basado en las investigaciones llevadas a cabo en los años 70 y 80 sobre el contenido en metales pesados de los fertilizantes, el Ministerio de Vivienda, Planificación Territorial y Medio Ambiente estableció la recogida selectiva de los residuos VGF: Vegetable, Garden and Fruit waste (Restos de Verduras, Frutas y Jardín) obligatoria para todos los municipios holandeses en el Environmental Management Act (Ley de Gestión Ambiental) de 1993.

La Asociación Holandesa de la Gestión de los Residuos, Dutch Waste Management Association, creó en 1991 su “Sección del compostaje” para apoyarse en ella durante las presentaciones nacionales e internacionales en las que participaba.

Los miembros de la sección se reúnen al menos seis veces al año para debatir estrategias comunes en diversos temas como normas y regulaciones, certificación, condiciones de trabajo, aspectos operativos y otros similares. Esto ayuda a afianzar una sólida base para la mejora del producto en el sector. Los aspectos de seguridad y salud y los relativos a la certificación del proceso de compostaje y de los productos finales se debaten en diferentes grupos de trabajo (al menos cuatro veces al año).

2.7. Conclusiones

- A la espera de una Directiva Europea, que establezca un sistema único y armonizado de calidad del compost producido y que sirva para homogeneizarlo según su calidad para diferentes usos como a sus procesos de producción, algunos países lo ha definido en su normativa o han instituido unos niveles de cumplimiento voluntario. Esto dificulta el asentamiento y la uniformidad de un mercado estable para el compost que permita su libre circulación.
- Los países más avanzados en este ámbito destacan por desarrollar organismos o asociaciones que agrupan de formas diversas a los diferentes agentes implicados en este mercado y que contribuyen a clarificarlo, así como a acercar los conceptos de calidad tanto a los productores como a los usuarios. Realizan de este modo una labor complementaria de formación y de divulgación, dedicando a éstas una parte importante de sus medios.
- Se pueden distinguir dos vías de apoyo para la comercialización del compost:

- Apoyo institucional. Las autoridades locales y regionales tienen las competencias de gestión de los residuos y pueden influir sobre el mercado del compost, por un lado,

homogeneizando políticas de acuerdo con la propuesta de la Directiva y, por otro, exigiendo los requisitos establecidos en la Directiva de Vertido e imponiendo impuestos al mismo, favoreciendo así el compostaje. Los países líderes del mercado ya han introducido estas medidas. Además, las autoridades locales de esos países estimulan el compostaje doméstico, que produce un compost de autoconsumo a coste cero y permite reducir la tasa de basuras, a base de generar menos residuos que necesitan gestión externa. Las autoridades llevan a cabo campañas de educación y concienciación ciudadanas para mejorar la imagen del compost como producto e incentivar su puesta en el mercado, tanto para los grandes como para los pequeños consumidores.

- Iniciativa privada. Instrumentos comunes de marketing como el análisis de mercado o la estrategia de ventas han sido utilizados de manera muy limitada en el mercado del compost. En los países líderes se establecen discusiones con personas o grupos implicados en el mercado del compost, como consumidores, empresarios, organizaciones agrarias, etc. Se realiza así un trabajo de relaciones públicas, promoción de ventas, campañas publicitarias, etc. y se pretende de esta forma evolucionar hacia la idea de que el compost es un producto de calidad. Las empresas deberán conocer las demandas del mercado y desarrollar nuevos productos, informando correctamente al cliente sobre los usos de cada uno de ellos, destacando esta información en un lugar fácilmente visible para éste, además de ofrecerle consejos antes, durante y después de la venta. Se dan casos de empresas en Alemania que diseñan productos a la carta, en función de las necesidades del cliente. Esto es posible gracias a rigurosos controles de calidad durante y después de la producción del compost, además de una cuidadosa selección de materias primas y de procesos. Un instrumento de venta muy eficaz es el sello de calidad o la ecoetiqueta que sirven como garantía de cumplimiento de la calidad en el producto que se está vendiendo y, al mismo tiempo, dan una imagen de seriedad y confianza muy apreciada por los consumidores.

2.8. Destino del compost

La calidad de un compost suele determinar el uso final que se le vaya a dar. Por lo general, esa relación suele ser la siguiente:

- Calidad alta. Se utiliza como sustratos, en invernaderos, céspedes deportivos, en la horticultura y en jardinería privada y pública.
- Calidad media. Se utiliza en agricultura extensiva, silvicultura, en proyectos de restauración del paisaje y control de la erosión.
- Calidad baja. Se utiliza en recuperación de suelos marginales y degradados y en el sellado de vertederos.

La mayor parte del compost generado en Europa, algo más de la mitad, se destina a la agricultura (Gráfico 3). El siguiente ámbito de utilización más frecuente es el grupo de la

jardinería, el paisajismo y su uso como sustrato. Entre estas tres absorben casi la tercera parte del total de compost comercializado. El resto de destinos apenas sobrepasa el 12 % del total (sellado de vertederos, mantenimiento y restauración de suelos, forestal y otros).

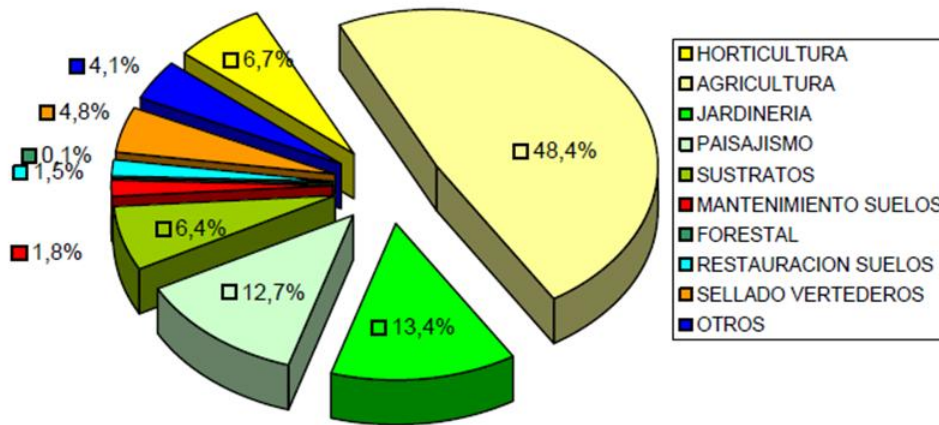


Gráfico 3. Destino del compost en Europa.

En el gráfico de destino del compost por países, se observa como en Portugal casi la totalidad se destina al conjunto de la agricultura y horticultura, seguido en este aspecto por España y por los Países Bajos. Por el contrario en Suecia, Flandes en Bélgica, Noruega y Dinamarca se observa como el uso de jardinería, paisajismo y sustratos es el más relevante. Destacar el caso de Finlandia y Suecia con un uso bastante extenso en paisajismo. Italia, Suiza, Reino Unido, Irlanda y Alemania son países que muestran una distribución más repartida entre todas las alternativas de utilización.

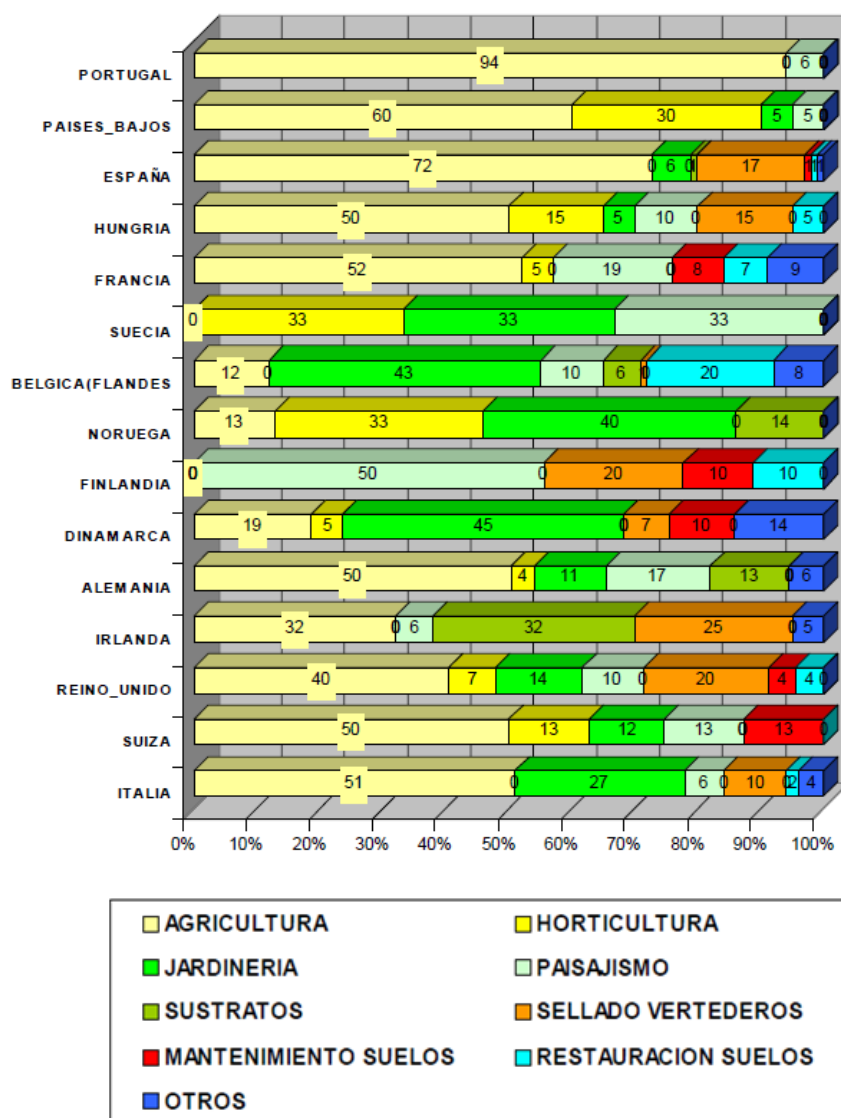


Gráfico 4. Destino del compost en Europa por países.

3. EL COMPOST EN ESPAÑA

En España, los abonos orgánicos, enmiendas, sustratos, mezclas..., quedan contemplados en el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio sobre productos fertilizantes. Para poder comercializar productos de este tipo y garantizar su inocuidad para las personas y el medio ambiente es de obligatorio cumplimiento:

- La inscripción en el Registro de Productos Fertilizantes.
- No superar los límites máximos de metales pesados y microorganismos establecidos.

Este Real Decreto establece tres clases de productos fertilizantes de origen orgánico en función de su contenido en metales pesados. En la tabla siguiente aparecen esos límites y se comparan con las exigencias de la Ecoetiqueta CE y de la Ecoetiqueta CE para su aplicación en la Agricultura Ecológica establecidas por la UE.

Tabla 3. Clases de compost presentes en España y su comparación con los niveles de la Ecoetiqueta CE y Ecoetiqueta CE de Agricultura Ecológica.

Metal pesado	Límites de concentración				
	Sólidos: mg/kg de materia seca				
	Líquidos: mg/kg				
	Clase A	Clase B	Clase C	Ecoetiqueta CE	Ecoetiqueta CE Agricultura Ecológica
Cadmio	0,7	2	3	1	0,7
Cobre	70	300	400	100	70
Níquel	25	90	100	50	25
Plomo	45	150	200	100	45
Zinc	200	500	1.000	300	200
Mercurio	0,4	1,5	2,5	1	0,4
Cromo (total)	70	250	300	100	70

Así, por ejemplo un compost de clase B según la legislación española por su contenido en metales pesados, resultaría inaceptable para su empleo como componente de sustratos en cultivos hortícolas comestibles o en jardinería, pero no presentaría ninguna limitación para el sellado de vertederos o la recuperación de suelos degradados por actividades industriales o mineras, al igual que un compost de clase C.

La categoría A sería la apropiada para su uso en agricultura ecológica. Además de no sobrepasar esos límites en metales pesados, el compost con este fin debe cumplir unos requisitos

como proceder de ganaderías extensivas si lleva excrementos y si son domésticos deben conllevar una separación en origen procedente únicamente de residuos vegetales y animales y su sistema de recogida sea cerrado y vigilado. Para utilizar un compost de clase C en suelos agrícolas hay que respetar la restricción que impone la normativa de 5 T/ha al año como máximo.

3.1. Tipos de compost

- **Compost de residuos sólidos urbanos**

En España, la recogida separada en origen es una práctica que, aunque todavía no sea mayoritaria, está creciendo y muchas CCAA tienen en marcha plantas de compostaje con programas de recogida separada en origen.

Se han estudiado 75 plantas diferenciando el tipo de materia prima utilizada y se registraron los datos siguientes:

Tabla 4. Tipos de recogida de RSU en algunas plantas de compostaje de España.

Comunidad Autónoma	Con separación en origen	Sin separación en origen	Mixta
Cataluña	19	0	2
Castilla y León	0	11	0
Castilla-La Mancha	0	8	0
Murcia	3	4	0
Valencia	1	6	0
Extremadura	0	5	0
Baleares	2	0	2
Madrid	1	3	0
Galicia	2	0	0
Navarra	0	1	1
País Vasco	0	0	1
La Rioja	0	1	0
Asturias	1	0	0
Canarias	0	1	0
Total	29	40	6
%	39%	53%	8%

El 53% de las plantas de las que se obtuvieron datos trata una materia prima de tipo convencional procedente de una recogida en la que no se separa independientemente la materia orgánica en origen, un 39% transforman un material procedente de una recogida selectiva en origen de la materia orgánica y el 8% restante trata una combinación de las dos anteriores.

Es importante destacar el caso de Cataluña, comunidad que está muy avanzada con respecto a las actuaciones llevadas a cabo en la separación de residuos en origen. Los estudios desarrollados por la Agencia de residuos de Cataluña y la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona entre los años 2003-2005 fundamentan el efecto experimentado en la mejora de calidad en los productos finales desde la progresiva puesta en marcha de la recogida selectiva en origen. Un instrumento clave para la misma ha sido la aprobación de dos normas legislativas al respecto. En la primera obligando a las comunidades de más de 5.000 habitantes a implantar este tipo de recogida y en la segunda por la creación de un canon sobre la deposición controlada de los residuos municipales como medida de fomento de la valorización mediante el apoyo a la financiación de infraestructuras. Ese tributo de 10 €/T de residuos depositados en vertedero ha inducido un dinamismo capaz de potenciar esa recogida selectiva.

En La Rioja también se han llevado a cabo actuaciones recientes para fomentar la implantación de la recogida selectiva de materia orgánica. Entre los años 2011 y 2013 se desarrolló una experiencia piloto de recogida selectiva de materia orgánica en 7 municipios, acompañada de unas sesiones informativas. La finalidad fue la misma que el caso anterior, concienciar a los ciudadanos de la importancia de separar los residuos y conseguir con ello elaborar un compost de calidad.

Otra clasificación que se puede hacer de las plantas de compostaje a nivel nacional es en función del tipo de tecnología que utilizan (Gráfico 5).

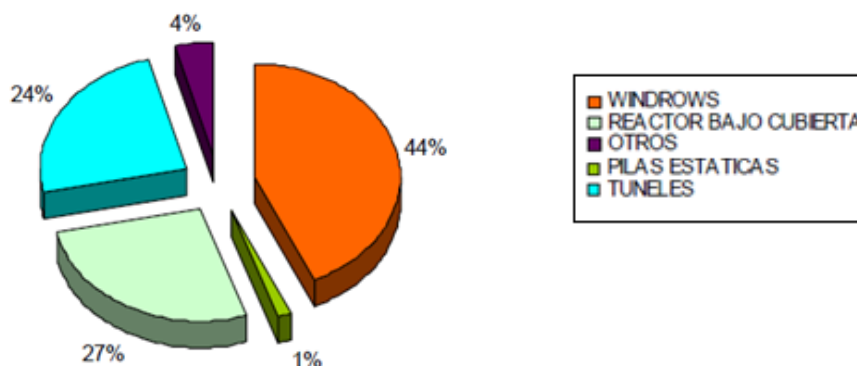


Gráfico 5. Tecnología utilizada en las plantas de compostaje en España.

El sistema con mayor predominio es el sistema abierto en pilas dinámicas volteadas o “windrows”, seguido del sistema cerrado bajo cubierta con compostaje en reactor o trinchera tras el que se sitúa el de túneles. El menos utilizado es el de pilas estáticas con ventilación forzada y al aire libre.

Producción anual de compost a partir de residuos urbanos

Las Comunidades Autónomas que destacan por su producción de compost de residuos urbanos son Valencia, Andalucía, Madrid y Galicia por las cantidades producidas. Entre las dos primeras se genera casi la mitad del total (Gráfico 6).

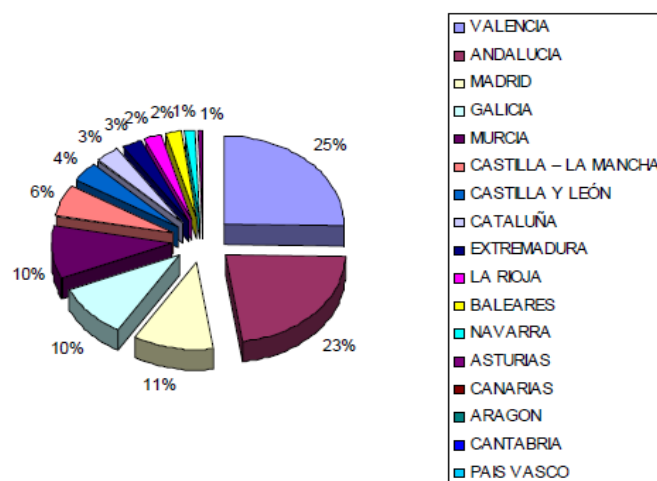


Gráfico 6. Cantidad de compost producido en España por Comunidades Autónomas.

- **Compost a partir de lodos tratados de depuradoras urbanas**

Los lodos obtenidos en las Edar pueden ser tratados y sometidos a compostaje, para lo cual se combinarán previamente con otros residuos que proporcionen un mayor grado de consistencia. Es el caso de restos forestales y de jardinería, aunque también es posible añadir residuos agrícolas y ganaderos diversos. En la situación actual, todavía es muy escaso el volumen de lodos tratados que son materia prima para compost.

- **Mezclas: compost de residuos agrícolas, ganaderos, forestales, agroindustriales y lodos.**

En la elaboración de este tipo de compost en España lo más frecuente es encontrar mezclas de residuos ganaderos y agrícolas, siendo los lodos de Edar los menos frecuentes.

En muchas ocasiones no se trata de suministros estables pudiendo darse, en función de los costes de cada materia prima o de su posibilidad de adquisición, compost o enmiendas que cambian de formulación. Sus productos tienen amplia gama de calidades, composiciones, precios y tipos de aplicación.

Es importante señalar que en algunos casos se trata de un compostaje completo que da lugar a un producto estabilizado, exento de patógenos y sin malos olores. En otros casos, la fermentación y maduración del compost no son completos, e incluso se han podido detectar procesos bastante imperfectos que dan lugar a los denominados mantillos (llamados a veces compost y vendidos como tal) que se aplican sin garantía de ningún tipo y con su consiguiente riesgo sanitario o por contenido de elementos nocivos para la vegetación y el suelo.

Así, existe en el mercado una gran variabilidad de productos que además no se ajustan a ninguna terminología tipificada, por lo que los conceptos de “compost”, “enmienda”, “abono orgánico”, “recebo” o “sustrato” son utilizados indistintamente, llevando a confusión a los usuarios.

A esto hay que añadir que con frecuencia el producto final carece de información concreta sobre los materiales empleados (es decir, los diferentes residuos y otros ingredientes), siendo su referencia muy inconcreta (p.ej. “residuos agrícolas”, “restos ganaderos”). Un vez más se produce una falta de tipificación de los productos lo cual provoca confusión sobre calidades y controles, los precios son difícilmente comparables y existe una gran dispersión.

Un ejemplo de promoción y desarrollo del compost procedente de residuos agrícolas y de la industria agroalimentaria es un proyecto llevado a cabo en Andalucía llamado *Proyecto Life*. Gracias a él, se ha implantado en Andalucía el compostaje de alperujos procedente de almazaras.

Durante la fase de divulgación de las conclusiones de la experimentación, se obtuvieron una serie de opiniones recogidas en encuestas realizadas a los asistentes a las jornadas. Esta información ha permitido definir con más precisión su visión actual y las medidas que se deben tomar para hacer del compostaje una técnica de reciclaje viable y limpia. Gracias a la solidez que dieron los resultados obtenidos, se han fijado unas subvenciones destinadas a la implantación de este tipo de actividades, sobre todo para la gestión de los residuos de las almazaras, de cara a valorizar un problema existente, como las contaminaciones por alpechines.

3.2. Demanda actual de los usuarios de compost

Puede apreciarse en el gráfico adjunto de destino del compost como más de las dos terceras partes se usa en agricultura, siendo las siguientes utilizaciones más frecuentes el sellado de vertederos, la jardinería y paisajismo, las obras públicas, el viverismo, uso forestal y finalmente otros usos innovadores.

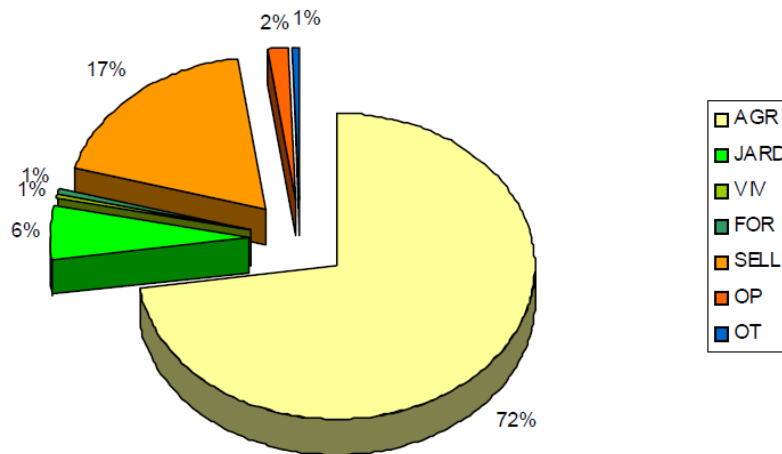


Gráfico 7. Diferentes usos del compost en España.

En el gráfico de destino del compost por Comunidades Autónomas (Gráfico 8), se observa como en las comunidades de La Rioja, Castilla la Mancha, Extremadura, Andalucía y Canarias, el compost se utiliza en los cultivos agrícolas. La elevada demanda de ese sector en esas regiones al disponer de suelos con baja materia orgánica es tan elevada que acapara su utilización.

Por el contrario en Galicia y Asturias se observa el efecto opuesto debido a la escasa necesidad de materia orgánica en sus suelos. En la primera se llevan mayoritariamente al sellado de vertederos o a jardinería y paisajismo los compost de mejor calidad. En la segunda, es este último sector el principal destino del compost.

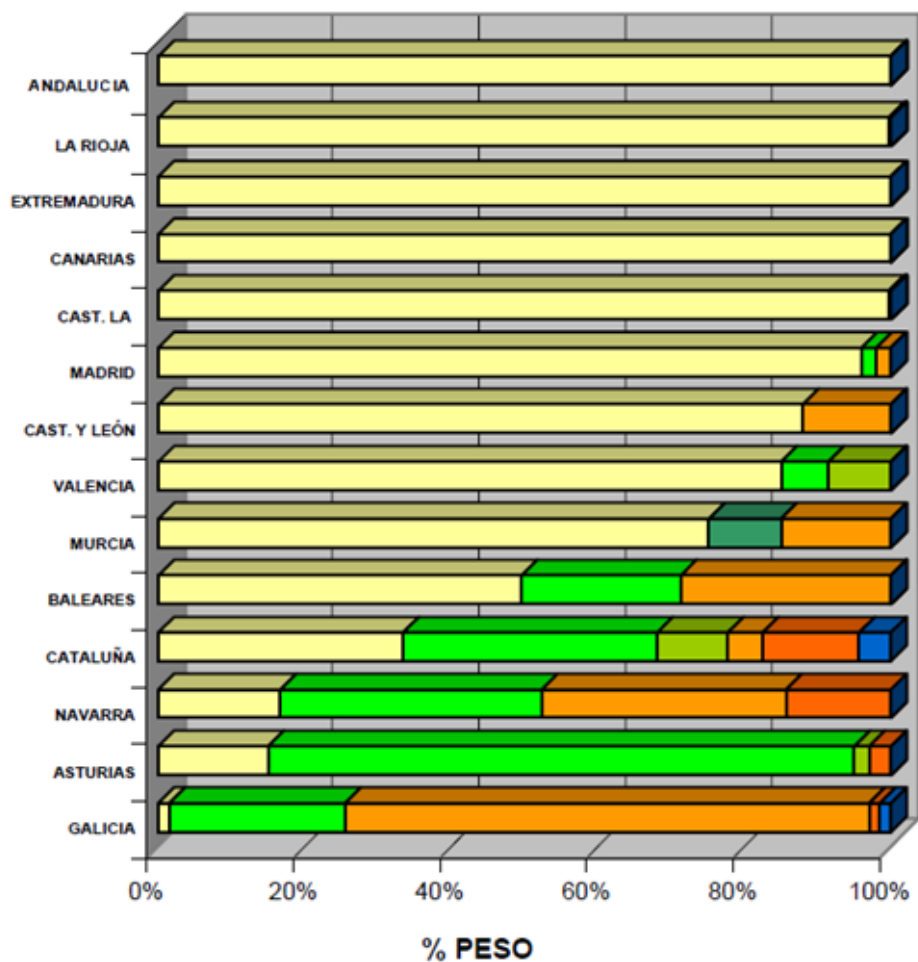


Gráfico 8. Distribución del uso del compost en España por Comunidades Autónomas

3.3. Calidad y precio del compost

Se han recogido los datos de algunas plantas de compostaje operativas en España sobre la calidad del producto final y su precio. Se ha considerado el precio en €/t de compost a granel cargado en camión en la planta de compostaje.

Solamente en tres casos en Cataluña se han considerado precios de compost ensacado y con un pequeño volumen de suministro que podría enmarcarse en la categoría de promocional.

Tabla 5. Toneladas, clase, precio e ID del saco de compost en algunas plantas de compostaje de España.

Comunidad Autónoma	Compost (T)	Calidad	Precio (€/T)	ID Saco
Asturias	4.000	B	40,58	
Baleares	6.000	B	3,6 a 8	
	1.216	B	3,6 a 8	
	7.000	C	0,12	
Canarias	900	C	36	
Castilla la Mancha	1.913	A	7	
	471	C	6	
	9.870	C	9,91	
	4.212		18	
	9.764		3	
	11.401	B	3,85	
	3.383	C	3,85	
Castilla y León	2.500	B	0,15	
	1.000		0,15	
	6.750		0	
	5.250		0	
	7.425		0	
	2.000	B	0 a 0,15	
	3.700	C	0 a 0,15	
	7.200	C	0	
	2.200	C	0	
Cataluña	336	A	14,6	
	2.882	B	15,18	
	2.350	A	14,6	
	150	B	9	
	2.661	B	0	
	812	B	0	
	977	A	0	
	885	A	54	
	1.335	A inv B ver	0 a 12	
	259	B	12 a 20	
	200	B	15	
	1.255	A	10,5	91
	754	B	7,44	600

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 4. Estudio de mercado

	334	B	12	40
	235		0	
	2.721	B	3	
	5.053	C	0	
	614	B	0	
Extremadura	11.588,16	B	1,5	
	2.308,74	B	12	
	1.402,58	B	3,45	
	4.430,82	B	2,5	
	789,62	B	9	
Galicia	680.000	B	0	
	2.000	C	34	
Madrid	1.700	B	1,2	
	15.300	C	1,2	
	39.500	B	2,5	
	18.000	B	2,1	
	2.825	B	6	
Murcia	5.000	A	8	
	16.500	B	8	
	5.222	C	11,58	
	25.000	B	1	
	3.407	B	0	
	11.000	A	0	
	4.200	B	6	
Navarra	1.850	B	20	
	1.200	C	0	
	7.000	C	24	
La Rioja	17.000	B	0	
Valencia	45.000	C	4,5	
	47.948	C	0	
	6.700	B	0	
	55.000	C	10	
	1.444	B	13	
	13.325	C	8,5	
	1.500	B	3	
	1.000	C	3	
	10.000	C	0	

Como muestra la tabla se da con frecuencia la situación de precio cero, es decir, el producto final se regala. Se ha encontrado en algunas plantas en Castilla y León, Cataluña, Galicia, Navarra, Rioja, Valencia y Murcia.

En general, se aprecia una baja relación entre los componentes del binomio calidad/precio.

Tras el análisis estadístico de correlación entre ambas variables el resultado ha sido de correlación muy baja (Junta de Andalucía). Esto parece sustentar la hipótesis de la actual existencia de un cierto nivel de desconocimiento por parte de los productores y de los potenciales usuarios de cómo debería ser el compost. En principio todo parece indicar que la demanda es poco exigente en la calidad de estos productos.

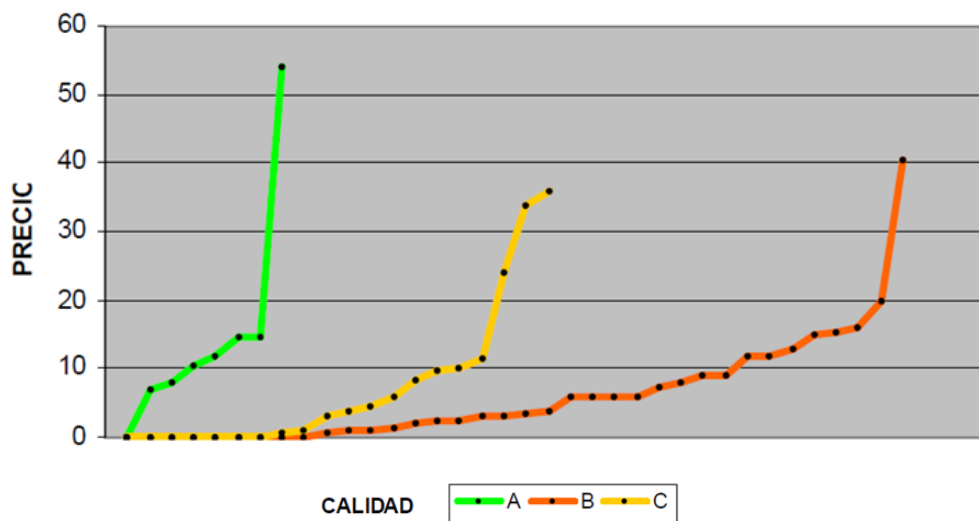


Gráfico 9. Relación entre la calidad y el precio del compost en España.

Como se puede apreciar en el gráfico anterior se detecta una escasa diferencia en un buen número de compost de calidad A, B y C en cuanto a rangos de precios lo que conlleva una situación de mercado poco clara.

3.4. Clientes del compost en el mercado español

- **Agricultura**

Son los mayores clientes potenciales. Requieren elevada superficie y cantidades y están muy condicionados por el factor precio. Podemos encontrar dos tipos: agricultores convencionales y ecológicos. Los agricultores ecológicos demandan gran cantidad de producto, ya que es prácticamente el único abono que pueden utilizar. Para posicionarse en este tipo de mercado hay que tener en cuenta una serie de inconvenientes a los que hay que hacer frente:

- Hay un desconocimiento general sobre usos y aplicaciones del compost y una desconfianza hacia su equiparación con abonos orgánicos.
- En muchas ocasiones se requieren procedimientos de solicitud y control de

análisis de suelos que resultan engorrosos para el agricultor.

- Frente a las mezclas de turbas y otros restos orgánicos que venden casas comerciales (productos con marca y envasados), el compost procedente de una fermentación bien elaborada, con residuos identificados apenas es un pequeño porcentaje del que podría ofrecerse al mercado a partir de los residuos. Por esta razón, el agricultor no valora este compost y sólo lo usa cuando el precio es bajo.
- La agricultura ecológica todavía no cuenta con una oferta concreta y bien conocida de compost cuya imagen aparece ligada a residuos y a procesos de escasa confianza.

En los últimos años, algunas asociaciones de agricultores han empezado a preocuparse por la posibilidad del abonado orgánico a partir de residuos compostados y están pendientes de orientaciones técnicas precisas que permitan un desarrollo del uso de compost en agricultura.

- **Empresas de viveros, centros de jardinería e instituciones que proyectan espacios verdes.**

- La demanda de compost es creciente pero el requisito de precio ajustado a la baja hace que el comprador no valore como es debido la diferencia de calidad.
- Es importante que se controle y apoye una buena información sobre contenidos por parte de la Administración, de modo que el consumidor prime dicha calidad, en beneficio del compost bien elaborado.
- En general, existe desconfianza hacia un compost que no venga bien presentado y se exige que se demuestre su efectividad, sobre todo los viveros y empresas de jardinería.

- **Empresas que realizan obras de infraestructura con creación del suelo vegetal**

El principal problema para emplear compost de calidad es que en cada proyecto, la partida dedicada a la creación de suelo está muy ajustada, e incluso en su aplicación al terreno prefieren un producto que fundamentalmente, se distribuya sin dificultad (p. Ej. Lodos frescos o estiércoles semilíquidos). De nuevo, en este sector, hace falta un apoyo público para la difusión del uso del compost, empezando esa labor en los propios pliegos de condiciones técnicas de los proyectos.

3.5. Conclusiones

- Actualmente existe un interés creciente por el tema de la valorización de recursos, de la elaboración de productos de calidad y de una mayor información a los usuarios. Cada vez son más las Comunidades Autónomas que invierten recursos en realizar estudios al respecto e informar y concienciar a los ciudadanos. Estas actuaciones mantienen el interés sobre el compostaje hasta que se cree la tan esperada directiva europea.
- La baja correlación existente entre la calidad de los productos y su precio refleja un mercado que está poco ordenado y clarificado, lo cual da lugar a un deterioro del mismo. Su posible corrección se sustenta sobre dos bases: un sistema eficaz de información al potencial consumidor y un esfuerzo de la autoridad competente en el control e inspección de los productos. Esto supondría sin duda un inicial coste tanto público, como privado por parte de las empresas comercializadoras, en el control de calidad respecto al primero y en la promoción de los productos generados para el segundo. Sin embargo, a medio plazo, redundaría en un mercado más claro y definido que sin duda compensaría la inversión preliminar antes referida.
- El uso en agricultura es el principal destino del compost producido en España. Pero realmente se trata de clientes de oportunidad (algunas explotaciones agrarias o elaboradores de enmiendas y mantillos en la zona), por lo que no puede hablarse de un verdadero mercado sino más bien de operaciones puntuales y sin una continuidad y marketing aplicado a un segmento de mercado significativo.
- La desconfianza por parte del consumidor está causada por la falta de información sobre un producto del que se desconocen popularmente sus aplicaciones, su calidad, sus ventajas, etc. Una forma de vencer esta barrera es mediante la creación de asociaciones de compostadores, que juegan un papel muy importante a la hora de definir estándares de producto, emisión de sellos de calidad, etiquetaje con definición de la composición y recomendaciones de uso, así como la promoción del producto. Estas asociaciones están funcionando en los países líderes.
- Si se considera el compostaje una de las alternativas de tratamiento dentro de una gestión de residuos, sus costes deberán ser repercutidos a los ciudadanos por medio de las tasas municipales. Los ingresos obtenidos con la venta del compost se utilizarán para disminuir el importe de dicha tasa.

4. DEMANDA POTENCIAL Y DESEQUILIBRIOS OFERTA-DEMANDA

Para poder estudiar la potencialidad de la puesta en marcha de la planta de compostaje se van a evaluar los datos de la oferta y la demanda de compost en un período de tiempo de entre 2 y 5 años, pero que pueden servir de referencia incluso hasta 10 años (Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental de la Junta de Andalucía).

- **Demanda potencial a medio-largo plazo.**

Según la *European Compost Network* se prevé un aumento del consumo de compost debido a la mayor demanda de abonos minerales por parte de los países en vías de desarrollo, subida del precio del petróleo y disminución de la cabaña ganadera en la UE. Además la demanda por parte de la producción ecológica de este tipo de productos está en aumento con ritmo sostenido.

Concretamente en España su consumo ha crecido en los últimos años y lo seguirá haciendo motivado por razones de tipo económico (caída de los precios de la producción agrícola, subida de los precios de abonos de síntesis, reducción de la cabaña ganadera,...) y ambientales (entrada en vigor de normativas ambientales).

Tabla 6. Demanda potencial de compost a medio-largo plazo por Comunidades Autónomas en miles de toneladas (Junta de Andalucía).

Comunidad	Agricultura	Jardinería espacios verdes	Otros usos
Andalucía	1.851	280	28
Aragón	310	24	2
Asturias	-	22	2
Baleares	20	57	6
Canarias	27	120	12
Cantabria	1	10	1
Castilla La Mancha	1.089	32	3
Castilla y León	297	50	5
Cataluña	308	480	48
C. Valenciana	377	320	32
Extremadura	451	20	2
Galicia	53	54	5
Madrid	52	400	40
Murcia	156	80	8
Navarra	61	10	1
País Vasco	15	42	4
La Rioja	61	10	1
Ceuta y Melilla	-	-	0
TOTAL	5.129	2.011	200

*Otros usos se corresponde a mejora y conservación de suelos.

Tal y como se aprecia en la tabla, en las estimaciones a medio-largo plazo, la agricultura sigue siendo el destino más extendido del compost. En La Rioja será el uso mayoritario que se le dé a este producto, con 61 miles de toneladas.

- **Balance de oferta-demanda a medio-largo plazo.**

En la siguiente tabla se hace una comparativa entre los datos anteriores de demanda de compost y la oferta prevista para el mismo período de tiempo.

Tabla 7. Balance entre la oferta y la demanda de compost a medio-largo plazo por Comunidades Autónomas (Junta de Andalucía).

COMUNIDAD	OFERTA MILES T	DEMANDA MILES T	BALANCE MILES T
Andalucía	786	2.158	-1.372
Aragón	264	336	-72
Asturias	76	25	51
Baleares	46	83	-37
Canarias	78	159	-81
Cantabria	50	12	38
Castilla La Mancha	268	1.124	-856
Castilla y León	284	352	-68
Cataluña	429	836	-407
C. Valenciana	223	729	-506
Extremadura	142	473	-331
Galicia	233	112	121
Madrid	290	492	-202
Murcia	94	244	-150
Navarra	57	72	-15
País Vasco	112	61	51
La Rioja	42	72	-30
Ceuta y Melilla	3	-	3
TOTAL	3.477	7.340	3.863

En los datos de la tabla anterior se observa que, en un plazo medio-largo de tiempo, la demanda de compost en España será mayor que la oferta. Analizando los datos de las distintas Comunidades Autónomas se observa que sitios como Asturias, Cantabria, Galicia y País Vasco tienen potencial exceso de producción. En este caso, el compost o sus productos podrían ser enviados a otras comunidades deficitarias. En cambio, sitios como Andalucía o Castilla-La Mancha sobresalen en cuanto al déficit de oferta. En estos casos, la comunidad tendrá que importar compost o residuos compostables de otras comunidades.

La Rioja se encuentra dentro de este bloque de Comunidades Autónomas en el que el balance oferta-demanda es negativo (la oferta es mayor que la demanda), por lo que el esfuerzo productivo y comercial que habrá que hacer para promocionar la venta de compost será menor. De las 42 miles de toneladas potenciales de compost que se pueden producir en La Rioja, se estima que 32 miles de toneladas (materia seca) corresponden a restos hortícolas y de la industria agroalimentaria entre otros, mientras que la parte que procede de estiércoles diferentes a los purines se corresponde con 27 miles de toneladas (materia seca) de las 42 totales (Junta de Andalucía).

5. POTENCIAL DE LA COMUNIDAD AUTONOMA DE LA RIOJA

En este capítulo se plantea la posibilidad de que la Comunidad Autónoma de La Rioja pueda promocionar una planta de compostaje de pequeña y mediana dimensión que completen el tejido de las plantas existentes y aprovechen las posibilidades de compostaje de residuos agrícolas, ganaderos, forestales y agroindustriales.

- Planta de tamaño pequeño, menos de 10.000 T de residuos o mediana, hasta 40.000 T.
- Por su tamaño y, por consiguiente, nivel de inversión, son asequibles para promotores locales y para asociaciones de agricultores que vean rentable elaborar su propio compost y aplicarlo a sus cultivos.
- Ámbito de mercado local o comarcal.
- Responden a una demanda agrícola que pueda promocionarse a corto plazo.
- Se abastece de residuos existentes a distancias razonables.
- Demanda agrícola próxima, con una minimización de gastos de transporte y una organización comercial poco costosa.
- Necesidades: escasez de materia orgánica en los suelos.
- Búsqueda de promotores interesados en el sector de abonos, de asociaciones de agricultores e incluso alguna agroindustria.
- Situación en áreas de baja densidad de población, donde hay menos diversificación del mercado existente, comparado con grandes ciudades. Así el esfuerzo de ventas que se debe hacer es menor.

Aplicando estos factores del mercado del compost a la Comunidad Autónoma de La Rioja y teniendo en cuenta el potencial del sector agrícola de regadío y el viñedo, ganadero y agroindustrial de la zona, es viable la puesta en marcha de una planta de compostaje que utilice de forma estable, restos vegetales, purines y estiércoles y cuyo destino sea su uso como enmienda orgánica en suelos agrícolas. El producto se destinará a la agricultura y se venderá a granel, acompañado de un documento que informará sobre las materias primas de origen,

procedimiento llevado a cabo, controles de calidad, recomendaciones de utilización, mejoras en el cultivo, información de contacto, etc.

El compost que se comercializará será de tipo B, por su origen y características.

A la hora de decidir el precio hay que valorar varios factores como los objetivos de la planta, el mercado en el que se encuentra, el área de influencia, En este caso interesa ganarse un mercado de calidad estable antes que un gran mercado poco exigente; en este último caso no será seguro y dificultará una buena reutilización de los residuos orgánicos a través del suelo.

Por lo expuesto anteriormente, se comenzará el proyecto estimando un precio fundamentado en criterios propios y en datos recogidos de precio de venta de compost de diferentes empresas similares. Ese precio será de 125 € la tonelada de producto.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 5. CONTROL DE CALIDAD

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

INDICE

1. DEFINICIÓN DE CALIDAD DEL COMPOST	1
2. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN QUE HAY QUE TENER EN CUENTA PARA OBTENER UN PRODUCTO DE CALIDAD....	2
3. PARÁMETROS FÍSICOS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN QUE HAY QUE TENER EN CUENTA PARA OBTENER UN PRODUCTO DE CALIDAD...	4
4. PARÁMETROS BIOLÓGICOS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN QUE HAY QUE TENER EN CUENTA PARA OBTENER UN PRODUCTO DE CALIDAD	8
5. PARÁMETROS DE MADUREZ DEL COMPOST	11
6. PRUEBAS BIOQUÍMICAS	13
7. CONSIDERACIONES FINALES	26

1. DEFINICIÓN DE CALIDAD DEL COMPOST

Dentro de los niveles de calidad del compost deben o pueden establecerse distintas exigencias según el mercado al que vaya destinado, pero siempre habrá unos mínimos que se deberán cumplir para cualquier aplicación. La calidad del compost no es un concepto absoluto, sino que depende de los usos a que se destine. A modo de resumen, la calidad del compost se puede definir en términos de estabilidad y madurez, nivel de higienización, presencia de productos tóxicos e impurezas y en función de su contenido de materia orgánica, sustancias húmicas y nutrientes. No solo debe ser apto para satisfacer las necesidades de las plantas, sino que además debe hacerlo con un mínimo impacto ambiental y sin riesgo para la salud pública.

De esta forma, la valoración de su calidad para un uso dado suele determinarse por dos vías diferentes:

- Mediante experimentos de campo, en los que se mide la respuesta de las plantas en condiciones reales de cultivo a diferentes dosis de compost, en términos de producción de biomasa, crecimiento radicular, número de hojas o de flores, etc.
- Midiendo un conjunto de propiedades, algunas de las cuales como las organolépticas (olor, color, tamaño de partícula, presencia de elementos impropios tales como plásticos, vidrio, etc.) pueden evaluarse sensorialmente, mientras que las propiedades físicas, químicas y biológicas (densidad, porosidad, aireación, pH, conductividad eléctrica, nutrientes, metales pesados, contaminación bacteriológica, etc.), normalmente se determinan en el laboratorio.

La suma de las distintas propiedades y características determinará la calidad de un compost determinado. En rasgos generales se puede hablar de:

- Calidad química: en la que aparecen tres vertientes: contenido y estabilidad de la materia orgánica, contenido y velocidad de mineralización de los nutrientes vegetales que contenga y presencia de contaminantes inorgánicos u orgánicos.
- Calidad física: granulometría, capacidad de retención de agua, humedad, presencia de partículas extrañas, olor.
- Calidad biológica: presencia de semillas de malas hierbas, patógenos primarios y secundarios.

2. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN QUE HAY QUE TENER ENCUESTA PARA OBTENER UN PRODUCTO DE CALIDAD.

Relación Carbono/Nitrógeno

Como se contempló en el *Anejo 3: Proceso productivo*, una buena relación C/N es un factor clave en la elaboración de un compost de calidad.

El carbono es fuente de energía y el componente básico del 50% de la masa de las células microbianas. El nitrógeno forma parte de las proteínas, y por consiguiente de las bacterias, cuya biomasa está compuesta en más de un 50% por proteínas.

Cuando existe un déficit de nitrógeno, la población microbiana no crece hasta su tamaño óptimo, y por lo tanto el proceso de fermentación reducirá su velocidad. Por otro lado, un exceso de nitrógeno permitirá un rápido crecimiento de la población microbiana, lo que acelerará la descomposición consumiendo todo el oxígeno disponible, pudiendo aparecer zonas de fermentación anaerobia dando lugar a la formación de gas metano y gas sulfhídrico, el cual tiene un olor característico a huevos podridos.

Para la mayoría de las mezclas de residuos orgánicos, una proporción de C/N de aproximadamente 30 a 1 en peso permitirá que el proceso de fermentación se desarrolle de una manera equilibrada.

A medida que el proceso de fermentación se desarrolla la relación de C/N disminuye hasta 10-15:1, valor que se alcanza en el momento que cesa la descomposición.

Aunque la relación objetivo sea 30:1, ésta debe ser corregida teniendo en cuenta la biodisponibilidad de dichos elementos por parte de los microorganismos. La mayoría del nitrógeno de los residuos está disponible fácilmente para la degradación. El carbono, en cambio, puede ser muy resistente a la degradación biológica, fundamentalmente por dos motivos:

- La celulosa (fuente de carbono) está rodeada por lignina, que es una estructura de tejido vegetal muy resistente a la degradación.
- Formas de celulosa que contiene el carbono son muy resistentes.

Cantidad de oxígeno

Para que los microorganismos puedan oxidar (degradar) el carbono de los residuos de partida para la producción de energía, es necesaria la existencia de oxígeno. La reacción

química que gobierna el proceso de fermentación aerobia se puede expresar de la siguiente manera:



Si no se suministra el aporte el oxígeno suficiente, el proceso se vuelve anaerobio, con el consiguiente problema de malos olores y pérdidas de nitrógeno.

Aunque en la atmósfera existe un 21% de O_2 , las poblaciones de microorganismos aeróbicos pueden sobrevivir con menos del 5%. Se consideran óptimos para el proceso de compostaje los porcentajes superiores al 10%.

Nutrientes

Para el metabolismo microbiano son esenciales unas cantidades mínimas de fósforo, potasio, calcio, hierro, boro, etc.

Normalmente, estos nutrientes no son limitantes ya que están presentes en amplias concentraciones en los residuos orgánicos que se emplean para la producción de compost.

Niveles de pH

Los niveles óptimos de pH para los microorganismos degradadores se encuentran entre 5,5 y 8,5. En las primeras fases del proceso, las bacterias y los hongos digieren la materia orgánica, con la consiguiente producción de ácidos orgánicos que hacen descender los niveles de pH.

Normalmente, los ácidos orgánicos producidos se degradan durante el proceso de compostaje. Si el sistema se vuelve anaerobio, la acumulación de ácidos puede hacer descender el pH hasta valores que rondan 4 - 5, limitando severamente el proceso. En estos casos, la aireación de la pila es la solución para que los niveles de pH vuelvan a valores razonables.

El pH puede ser medido utilizando los siguientes métodos:

- Kit de muestreo de suelos.
- Papeles medidores del pH: si el compost es algo húmedo, se puede introducir en él un papel indicador, para más tarde comparar el color al que ha tornado con el de una escala de pH.
- Extracto de saturación: se mide el pH del extracto de saturación con un pH-metro. En el mismo extracto se puede medir la conductividad eléctrica del compost (limitante de la calidad del compost).

3. PARÁMETROS FÍSICOS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN QUE HAY QUE TENER ENCUESTA PARA OBTENER UN PRODUCTO DE CALIDAD

Temperatura

Como ya se describió en el Anejo 3: Proceso productivo, durante el proceso de compostaje se producen variaciones de temperatura debido a la degradación microbiana. Debido a ello, se pueden distinguir varias etapas a diferentes temperaturas, lo que determina la presencia de microorganismos característicos en cada una de ellas.

Tomando lecturas periódicas de la temperatura se puede conocer en qué momento del proceso de fermentación se encuentra la pila de compost y si éste se está desarrollando de una manera correcta.

Para asegurar la destrucción de los organismos patógenos, la EPA (Environmental Protection Agency, EEUU) aconseja mantener una temperatura de 40 °C durante 5 días, con picos de temperatura que excedan los 55 °C durante al menos 4 horas.

La mayoría de las especies de microorganismos no puede sobrevivir con temperaturas por encima de los 65 °C. Si se superase esta temperatura, los microorganismos beneficiosos que degradan la materia orgánica morirían, por lo que es esta temperatura la máxima de diseño y la que determina el momento de la aireación de la pila para disipar el exceso de calor acumulado.

Inmediatamente después de cada fenómeno de aireación de la pila se alcanza un nuevo pico de temperatura debido a que se está suministrando el oxígeno necesario para que continúe la degradación.

Granulometría

La actividad microbiana tiene lugar en la superficie de las partículas. Por lo tanto, si se disminuye su tamaño se conseguirá aumentar la superficie de degradación, con el consiguiente aumento de la actividad microbiana y el grado de descomposición. Por otro lado, si las partículas son muy pequeñas, se producirá una compactación del compost, impidiendo la circulación del aire. Cuando se reduce la aireación, también lo hace el suministro de oxígeno necesario para las bacterias lo que hace descender la actividad bacteriológica.

Por estos motivos, es importante buscar un tamaño de partícula óptimo para que el proceso de fermentación se desarrolle de manera correcta y no se dificulte la actividad microbiana.

En función del sistema de aireación empleado y de manera orientativa, se ha determinado experimentalmente una granulometría óptima al inicio del proceso para un sistema estático con aireación forzada (Gray et al, 1971), obteniendo un valor de 15-20 mm.

En cuanto al tamaño de partícula del producto final, el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, indica que: *"el 90 por ciento del producto fertilizante, deberá pasar por una malla de 10 mm"*.

Aireación

El parámetro de la aireación también tiene un sentido físico, ya que la cantidad y el tamaño de los poros que se crean entre el material compostable define el suministro de O₂. Como se ha visto, esto es fundamental para el metabolismo y la respiración de los microorganismos aerobios y para que se dé la completa oxidación de las moléculas orgánicas presentes en los residuos.

En la primera etapa de la fermentación, la concentración de oxígeno en los poros de la pila es de un 15 a un 20% (similar a la concentración del aire). Según avanza la actividad biológica, la concentración de oxígeno disminuye y la concentración de CO₂ aumenta. Si la concentración de oxígeno desciende por debajo del 5%, se generarán zonas con fermentación anaerobia con los consiguientes problemas de olores y pérdidas de nitrógeno.

Si se detecta un olor a amoníaco, probablemente la mezcla sea demasiado rica en nitrógeno (C/N demasiado bajo), y se deba mezclar con una fuente de carbono como paja, o virutas de madera. Si se detecta un olor a moho, puede estar causada por un exceso de humedad que puede ser corregida añadiendo un elemento que la absorba.

Esquemáticamente:

- Primera etapa de la oxidación:

$$[O_2]_{\text{poros}} = 15 - 20 \% (\sim \text{aire})$$

$$[CO_2]_{\text{poros}} = 0,5 - 5 \%$$

- Durante el proceso:

$$[O_2]_{\text{poros}} \sim [CO_2]_{\text{poros}}$$

Si la $[O_2]_{\text{poros}} < 5 \%$, se producen regiones anaerobias

Humedad

La descomposición microbiana se produce en las delgadas películas de agua que rodean las partículas de la materia que se está degradando (Figura 1). Cuando la humedad es menor del 30% respecto del peso total, la actividad microbiana se detiene drásticamente. Por encima del 65% de humedad, los espacios por los que circula el aire necesario para la oxigenación son ocupados por el agua lo que provoca un ralentizamiento de la descomposición aerobia, pérdidas de nutrientes por lixiviación y aparición de zonas anaerobias.

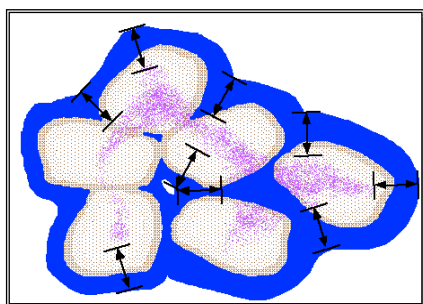


Figura 1. Película formada por el agua alrededor de las partículas de compost, donde se produce la descomposición.

Cuando se plantea una mezcla de residuos para el compostaje se considera óptima una humedad inicial correspondiente al límite superior de humedad (60%), debido a que durante el proceso de fermentación de compost el calor producido por la actividad bacteriana secará el compost.

En el presente proyecto se ha diseñado una instalación de riego para la aportación de agua durante el proceso. El sistema de riego proyectado humedecerá las pilas con los lixiviados recogidos por las tuberías de aireación.

El agua de los lixiviados posee altos niveles de materia orgánica, muy útiles cuando los ingredientes de la mezcla de residuos necesitan un aporte de población bacteriana para “activar” el proceso. Este agua contiene, además, valiosos nutrientes lixiviados en anteriores procesos y pueden ser reintroducidos para aumentar la población microbiana (C, N y otros elementos necesarios para las estructuras celulares) y para aumentar la calidad del compost resultante (aumentar los niveles de N, P y K).

Tamaño y forma de la pila

La pila de compost debe tener el suficiente tamaño para evitar una rápida disipación del calor y humedad pero debe ser lo suficientemente pequeña para permitir una correcta circulación de aire. Las dimensiones de una pila en sistemas cerrados y estáticos con ventilaciones forzada suelen ser: 2,5-3 m de alto, 5-6 m de ancho y 20-30 m de largo.

Otras indicaciones se suelen dar para determinadas zonas con climas extremos y sistemas abiertos. En regiones húmedas se recomienda que las pilas sean algo puntiagudas para que el agua de lluvia resbale y la pila no llegue a absorberla en su totalidad. En regiones áridas las pilas deben ser construidas con la cima cóncava para recoger las lluvias y las aguas de aportación (Figura 2).

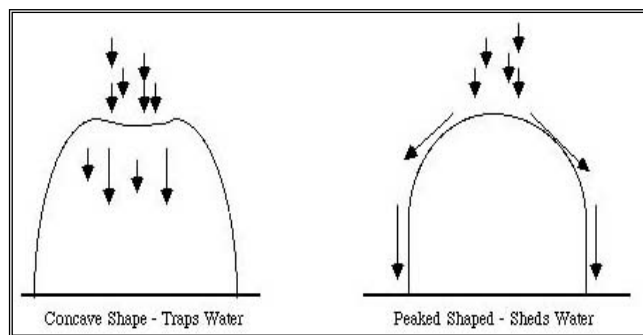


Figura 2. Formas de pila adecuadas en regiones húmedas y áridas

4. PARÁMETROS BIOLÓGICOS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN QUE HAY QUE TENER ENCUESTA PARA OBTENER UN PRODUCTO DE CALIDAD

Los microorganismos que actúan en el compostaje son principalmente bacterias, hongos y actinomicetos, los cuales establecen una sucesión de actuaciones complementarias ligadas a la variación de las condiciones ambientales que va creando la evolución del propio proceso, es decir, que cuando una población comienza a disminuir o desaparecer, otras comienzan a desarrollarse. Cada microorganismo tiene una temperatura óptima para desarrollar su actividad.

Hongos y bacterias productores de ácidos, consumidores de carbohidratos y consumidores de proteínas, aparecen durante la primera etapa mesófila. Cuando se alcanza la fase termófila son reemplazados por bacterias termófilas, aparecen los actinomicetos y persisten algunos hongos termófilos. Se descomponen proteínas y carbohidratos no celulósicos, siendo atacados también los lípidos y las fracciones hemicelulósicas. La lignina y la celulosa son los materiales más difíciles de degradar. Actinomicetos y hongos termófilos son los responsables de la degradación de la celulosa, pero la lignina es más resistente y su descomposición se da en las fases termófilas gracias a especies del género *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter* y *Alcaligenes*. Actinomicetos y hongos se ubican en una capa perfectamente definida de espesor de 5 a 15 cm debajo de la superficie del montón dándole un color blanco grisáceo. Esto se debe a que estos organismos no pueden desarrollarse a elevadas temperaturas que son las que existen en el interior del montón.

La temperatura, humedad y la naturaleza química de las sustancias nutritivas son las principales características que influyen sobre la composición de la flora en un momento dado. Los microorganismos que actúan durante el compostaje se pueden clasificar en:

Bacterias

Están presentes durante todo el proceso de compostaje. Tienen un fuerte crecimiento si la relación C/N es baja y la humedad es elevada. Son muy resistentes a variaciones de pH. Se estima que el número de especies que actúan en el compost es de 800 a 1000. El nivel de actuación de las bacterias en los diferentes ciclos es el siguiente:

- Ciclo del carbono. Las bacterias transforman el almidón, pectinas y hemicelulosas mediante la acción de enzimas.
- Ciclo del nitrógeno. Las bacterias transforman el nitrógeno gaseoso en compuestos celulares nitrogenados; proteínas y polipéptidos en ácidos aminados (enzimas proteolíticos); ácidos aminados, urea y ácidos nucleicos en amoníaco (enzimas

aminonitrificadores); el amoníaco en nitrito y luego a nitrato (enzimas nitrificadores); y los nitritos y nitratos en nitrógeno gaseoso (enzimas desnitrificantes).

- Ciclo del azufre. Las bacterias transforman las moléculas azufradas en sulfatos a través de la mineralización.

Hongos

Se desarrollan de forma óptima cuando la relación C/N es alta (degradación de celulosas y lignina). Pueden crecer en un medio con humedad muy baja y toleran una gran gama de pH. Se estima una población de varias decenas de miles. La actuación de los hongos durante el proceso es el siguiente:

- Ciclo del carbono. Los hongos transforman el almidón, pectinas, hemicelulosas y ligninas mediante la acción de enzimas.

Actinomicetos

Los actinomicetos atacan sustancias no degradables por las bacterias y hongos, como la quitina. Son neutrófilos, tolerando pH ligeramente básico. Son poco competitivos con otros grupos. Se desarrollan en las etapas iniciales en condiciones difíciles o en las fases finales de maduración.

Los géneros *Streptomyces* y *Nocardia* representan el 90% de su biomasa. Su densidad es del orden de 3 a 15 veces mayor que las bacterias. Son los responsables de los olores producidos en el compost.

Algas clorofiladas

Son organismos clorofílicos que se instalan en los primeros centímetros de la costra superficial utilizando las sales minerales. Las condiciones adecuadas para su desarrollo y reproducción son un medio húmedo y un pH cercano a la neutralidad o ligeramente alcalino.

Protozoos

Representan un gran grupo heterogéneo de unicelulares móviles. Necesitan un medio húmedo. Son grandes consumidores de bacterias, llegando a ingerir decenas de millones en su vida y eventualmente de otros microorganismos.

Cyanophyceas (algas verdiazules)

Son algas procariotas. Son aerobias y fijadoras de nitrógeno atmosférico. Crecen bien cuando la relación C/N es baja y la humedad es elevada.

El factor biológico no suele ser limitante en el tratamiento de residuos orgánicos. Los propios residuos que van a ser tratados poseen una cantidad de organismos suficiente y apropiada como para que se inicie y mantenga el proceso. Tan sólo en casos de materiales especiales, muy estériles o muy contaminados con tóxicos, podría estar justificada una adición de inóculos bacterianos o de cualquier otro tipo.

5. PARÁMETROS DE MADUREZ DEL COMPOST

Los criterios más relevantes en la evaluación de la calidad de un compost maduro son el destino del producto, la protección del entorno y los requerimientos de mercado. Situaciones determinadas pueden tener diferentes exigencias de calidad según el mercado al que vaya destinado, pero siempre habrá que cumplir unos mínimos para cualquier aplicación.

La legislación vigente en España, el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, regula este material para asegurar su calidad y mejorar su aceptación.

Con aplicación general, los productos fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos, deben cumplir los siguientes criterios:

- Porcentaje de nitrógeno orgánico. El contenido en nitrógeno orgánico, deberá ser al menos un 85 por ciento del nitrógeno total.
- Granulometría. El 90 por ciento del producto fertilizante, deberá pasar por una malla de 10 mm.
- Límite máximo de microorganismos. En los productos fertilizantes de origen orgánico, se acreditará que no superan los siguientes niveles máximos de microorganismos:

Salmonella: Ausente en 25 g de producto elaborado.

Escherichia coli: < 1000 número más probable (NMP) por gramo de producto elaborado.

- Límite máximo de metales pesados. Los productos fertilizantes elaborados con materias primas de origen animal o vegetal no podrán superar el contenido de metales pesados indicado en el cuadro siguiente, según sea su clase A, B o C:

Tabla 1. Límite máximo de metales pesados permitido para cada clase de compost (RD 506/2013)

Metal pesado	Límites de concentración		
	Sólidos: mg/kg de materia seca		
	Líquidos: mg/kg		
	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0,7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1.000
Mercurio	0,4	1,5	2,5
Cromo (total)	70	250	300

Clase A: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de los valores de la columna A.

Clase B: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de los valores de la columna B.

Clase C: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de los valores de la columna C.

6. PRUEBAS BIOQUÍMICAS

Para llevar un control de la evolución de los diferentes parámetros físico-químicos de los residuos es preciso realizar ensayos de forma regular. En el presente proyecto se realizarán análisis a todas las partidas que lleguen a la planta y además, se hará un seguimiento y posterior registro de todos los factores determinantes en el proceso de fermentación y de maduración del producto.

Protocolo de toma de muestras

1. Materiales de partida

Una vez que los residuos llegan a la planta, se medirán una serie de parámetros que determinarán si se está llevando a cabo una mezcla adecuada de cada uno de ellos:

- Porcentaje de carbono orgánico oxidable
- Porcentaje de nitrógeno total
- Porcentaje de humedad
- Densidad específica

Además, hay otros parámetros, que deben ser seguidos con especial atención durante todo el proceso ya que los altos valores que presentan pueden limitar sus potenciales aplicaciones:

- Conductividad eléctrica (CE).
- pH.
- Materia orgánica.
- Cenizas.
- Porcentaje de cenizas.
- NO_3 , NO_2 .
- NH_3 .
- Porcentaje de fósforo.
- Porcentaje de potasio.
- Porcentaje de magnesio.
- Porcentaje de calcio.
- Porcentaje de sodio.
- Porcentaje de cloro.
- Metales pesados: As, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn, Pb, Hg, etc.

2. Mezcla resultante

Cuando se hayan mezclado los ingredientes, se tomará una muestra representativa de dicha mezcla y se analizarán los mismos parámetros que se han medido para cada ingrediente por separado.

3. Lixiviados

Se deberá recoger muestras periódicas de los lixiviados que se generarán en la planta. Se medirán todos los parámetros anteriores y además, la DQO y la DBO5.

4. Temperatura ambiente y precipitaciones

Se realizarán mediciones diarias de la temperatura ambiente y de las precipitaciones recogidas.

Análisis químico:

De cada recogida realizada en la granja se separan 200 kg de muestra.

Estas muestras se trituran hasta conseguir un tamaño menor de 4 cm. A continuación se mezclan con una pala sobre una superficie limpia e impermeable (superficie pavimentada). La mezcla se divide en cuatro partes y de cada parte se extrae una paletada. Las cuatro paletadas se mezclan entre sí y se dividen nuevamente en otras cuatro porciones. Se toman cuatro paletadas, una de cada parte, y se vuelven a mezclar.

1. Instrucciones generales.

Todas las muestras que se analicen en los métodos siguientes, a excepción de las determinaciones de la humedad y del pH, deben ser secadas a temperatura constante 75°C, trituradas hasta que pase por una criba de 1mm y almacenadas en tarros de boca ancha y tapa de rosca. El tamaño de las muestras será de 50 a 100g (peso húmedo) o más, para asegurar que sean representativas. Se analizarán por triplicado. Antes de realizar los ensayos hay que volver a secar las muestras a 75°C durante al menos dos horas para eliminar la humedad adquirida durante la trituración y transporte. El peso seco de la muestra se puede obtener por diferencia (es decir, transfiriendo el material que se ha vuelto a secar desde los recipientes ligeros que contiene las muestras) o directamente colocando la cantidad aproximada de la muestra en un tarro seco de peso conocido y volviéndola a secar y pesar.

Para que los resultados sean exactos hay que utilizar recipientes cerrados, de poco peso. Las muestras que salen de la mufla de secado se deben dejar enfriar hasta la

temperatura ambiente en frascos secadores o en armarios. Todos los resultados excepto la humedad, el contenido líquido y el pH, se expresan como porcentajes del peso en seco. El contenido líquido y de humedad se expresa como peso húmedo (total). No se debe intentar conservar o transportar muestras frescas. Las muestras que se almacenen o se envíen deben ser secas. Toda el agua que se utilice en los análisis debe ser destilada.

2. Prueba de humedad (agua).

Equipo:

- ✓ Mufla de secado.
- ✓ Frasco secador grande.
- ✓ Recipientes para las muestras: botes cerrados de aluminio de unos 9 cm de diámetro y 5 cm de altura.
- ✓ Balanza graduada para cuatro decimales con capacidad para 200 g.

Procedimiento:

En frascos secadores de peso conocido se toman muestras duplicadas de 50 a 100 g de residuos orgánicos triturados y se cubren inmediatamente evitando comprimir el material. Las muestras se pesan con precisión de un decigramo antes de que pase una hora y se secan a 75°C en el horno de secado con la tapa medio abierta o sin tapar. Para las muestras de menos del 60% de humedad es suficiente con dejarlas secar durante 24 horas. Tras esto, se vuelve a pesar la muestra.

Cálculo:

$$\% \text{ de humedad (base húmeda)} = \text{pérdida de peso neto húmedo} \times 100$$

Esta cifra se corresponde con el tanto por ciento de agua en peso, y no se debe confundirse con el porcentaje de líquidos.

3. Prueba de sólidos volátiles y ceniza.

Equipo:

- ✓ Mufla de secado.
- ✓ Balanza de laboratorio.
- ✓ Frasco secador.
- ✓ Crisoles de porcelana.

✓ Horno de mufla con pirómetro indicador y control de la temperatura por reóstato.

Procedimiento:

Se coloca una muestra de 3 a 6 g de residuos secados y triturados en un crisol de peso conocido. La muestra se seca durante 2 horas a 75°C y después se pesa con precisión de un centígramo. Se coloca el crisol en un horno de mufla frío y progresivamente se va elevando la temperatura hasta 600 o 650°C con la tapa levantada aproximadamente 13 mm. Esta temperatura se mantiene durante 2 horas. Pasado este tiempo, se deja enfriar en un frasco secador y se pesa.

Cálculo:

$\% \text{ de sólidos volátiles} = (\text{pérdida de peso} / \text{peso neto húmedo}) * 100$

$\% \text{ cenizas} = 100 - \% \text{ de sólidos volátiles.}$

4. Prueba de lípidos, extracción con éter.

La extracción Soxhlet es la técnica de separación sólido-líquido usada para la determinación del contenido graso.

Equipo:

- ✓ Extractor de Soxhlet con matraz de 125 ml.
- ✓ Calentador de baja temperatura.
- ✓ Papel de filtro para preparar cartucho = dedal de extracción.
- ✓ Horno de secado.
- ✓ Balanza de análisis.
- ✓ Frasco secador.
- ✓ Recipientes para muestras: bote de aluminio con tapa de 5 x 2 cm.

Reactivos:

- Éter químicamente puro anhidro (etílico).

Procedimiento:

Se seca a 75 °C una parte de los residuos de la muestra en un bote de aluminio, se tapa, se deja enfriar en un desecador y se pesa. A continuación, se depositan unos 5 g en el papel de filtro, calculando el peso de la muestra con precisión de 1 mg. Se pesa el matraz de

extracción para obtener la tara. Se introducen unos 80 ml de éter en el matraz, se coloca el dedal de extracción y se mantiene unas 16 - 18 h al baño maría con el extractor Soxhlet. Una vez que se ha evaporado el éter del matraz, la muestra debe continuar secándose en el horno a 75 °C durante 1 hora. Finalmente, se deja enfriar y se pesa.

Cálculo:

$$\% \text{ de lípidos} = (\text{peso del extracto} / \text{peso neto en húmedo}) * 100$$

5. Prueba de líquidos.

Procedimiento:

El contenido de líquidos se calcula a partir del contenido de humedad, lípidos y cenizas, expresados todos los valores como porcentaje del peso húmedo (total). La fórmula es la siguiente:

$$\% \text{ lípidos} = \frac{100(\% \text{ humedad} + \% \text{ lípidos})}{(100 - \% \text{ ceniza})}$$

Antes de utilizar los valores en esta fórmula hay que convertir el contenido de lípidos de peso seco a peso húmedo como sigue:

$$\% \text{ lípidos}(\text{peso húmedo}) = \frac{(\% \text{ lípidos} - \text{peso seco})(100 - \% \text{ humedad})}{100}$$

6. Prueba del carbono.

Un método muy utilizado para muestras orgánicas es la combustión en horno de inducción. El horno de inducción funciona aplicando un voltaje de corriente alterna en corriente directa. El aparato cuenta con un bulbo que transforma esa corriente directa en alterna pero de mayor potencia antes de pasar por la bobina del horno. Se genera entonces un campo magnético que es recibido por los materiales ferromagnéticos que se unen a la muestra en el crisol como aceleradores de la combustión. Ese campo magnético genera calor, calentando la muestra y así provocando su combustión.

Equipo:

- ✓ Horno de inducción.
- ✓ Válvula de oxígeno.
- ✓ Purificador.

- ✓ Colector de polvo.
- ✓ Colector de azufre.
- ✓ Absorbente para el colector de azufre.
- ✓ Crisoles de platino de 10 a 15 mm.
- ✓ Tubo de absorción de gas.
- ✓ Crisoles Gooch.
- ✓ Cilindro de oxígeno.
- ✓ Regulador de presión.

Reactivos:

- ✓ Alúndum granular.
- ✓ NaOH 0,4N.
- ✓ NH₄OH 0,4 N.
- ✓ BaCl₂ 0,8 N.
- ✓ Papel de filtro Whatman.

Procedimiento:

Se deposita la muestra en crisol de platino, se tapa con alúndum (abrasivo artificial) y se colocan en el horno de inducción. La resistencia que ofrecen el crisol y la muestra a la variación del campo magnético, origina una rápida elevación de la temperatura a más de 2000°F (unos 1090°C). Sobre la muestra se proyecta un chorro de oxígeno, lo que asegura su inmediata y completa oxidación. El azufre que se ha transformado en dióxido de azufre (SO₂) será recogido en un colector formado principalmente por celulosa. El carbono se ha transformado en una mezcla de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂). El monóxido de carbono formado se convierte en dióxido de carbono en un catalizador. El chorro de gas se pasa después por un tubo de absorción que contiene NaOH, atrapando el CO₂. Tras mezclarlo con cloruro de bario, se forma un precipitado de carbonato de bario, que se recogerá en un papel de filtro. El peso del precipitado nos indicará la cantidad de carbono orgánico que había en la muestra.

Cálculo:

$$\% \text{ de carbono} = [6,08 * (\text{peso neto precipitado de BaCO}_3) / \text{Peso neto seco}] * 100$$

$$*6,08\% \text{ C en BaCO}_3 = \text{composición centesimal de carbono que hay en el BaCO}_3$$

7. Prueba del amoníaco (orgánico y amoniacal).

La prueba se realizará mediante el método de Kjeldahl- Wilfarth-Gunnig

Equipo:

- ✓ Matraces Kjeldahl para digestión y destilación de 800 ml.
- ✓ Campana de evacuación de los vapores producidos.
- ✓ Tubos de conexión Kjeldahl de bolas (empleándose bolas de 5 a 6 cm de diámetro, con tapón de caucho en el extremo inferior y conectado el superior con tubo de goma a un condensador).
- ✓ Matraces Erlenmeyer de 500 ml.
- ✓ Papel de filtro Whatman.

Reactivos:

- ✓ Ácido sulfúrico 0,1 N.
- ✓ NaOH 0,1 N.
- ✓ H₂SO₄ del 93 al 96% exento de nitratos y de (NH₄)₂SO₄.
- ✓ Óxido de mercurio reactivo exento de nitrógeno.
- ✓ Solución de hidróxido- tiosulfato de sodio.
- ✓ Indicador de rojo de metilo: disolver 1 g de rojo de metilo en 200 ml de alcohol etílico al 95%.
- ✓ Sulfato de potasio K₂SO₄.
- ✓ Cinc granulado.

Procedimiento:

Preparación de la disolución de hidróxido- tiosulfato de sodio:

Se disuelven en agua 450 g de NaOH. Se añaden 80 g de Na₂S₂O₃·5H₂O, manteniendo fría la solución, y se añade agua hasta tener 1 litro de solución.

Se pesan 0,7 a 2,5 g de residuos secados de la muestra y se depositan en papel de filtro Whatman. Se pliega el papel y se introduce en un matraz de digestión. Se añaden de 15 a 18 g de K₂SO₄, 1g de óxido de mercurio y 25 ml de H₂SO₄ concentrado. A continuación, se calienta suavemente hasta que se deje de formar espuma. Tras esto, se sube la temperatura, dejando que continúe la digestión durante unas 2 horas. Pasado este tiempo, se deja enfriar, se añaden 200 ml de agua y se disuelve la mezcla resultante. Se añade 1 g de cinc granulado y 75 ml de solución alcalina de tiosulfato, vertiéndola de forma que vaya escurriendo por las paredes del matraz para que se mezcle lentamente con la solución ácida. A continuación, se conecta el matraz al condensador mediante el tubo Kjeldahl de bolas, teniendo cuidado de que la punta del condensador esté en contacto con la solución ácida que se encuentra en un de 500 ml. Se agita para mezclar el contenido y se destila hasta que haya pasado todo el NH₃ como una cantidad medida de ácido normal (50 ml por regla general). Los primeros 150 ml del destilado contienen todo el NH₃. Es conveniente marcar los matraces receptores a unos 200 ml y destilar hasta la marca. Se dosifica entonces con solución alcalina normal,

empleando el rojo de metilo como indicador del viraje. Debe hacerse una determinación teórica con aproximadamente 500 mg de azúcar de caña y con la misma cantidad de ácido normal para determinar los nitratos que puedan estar presentes en los reactivos y que se reducen durante la digestión. Cuando se empleen nuevos reactivos hay que establecer un nuevo valor teórico.

Cálculo:

- teórico: $(\text{ml ácido}) * (\text{base normal}) / (\text{ácido normal}) = \text{ml. equiv. ácido en teoría (1)}$

- muestra: $(\text{ml ácido}) - (\text{ml base}) * (\text{base normal}) / (\text{ácido normal}) = \text{ml. equiv. ácido en la muestra + en teoría (2)}$

- muestra corregida en teoría: $(2) - (1) = \text{ml equiv. ácido en la muestra.}$

$[(\text{ml equiv. ácido en muestra}) (\text{ácido normal}) (14 \text{ mg})] / 10 (\text{peso inicial seco muestra en gramos}) = \% \text{ en nitrógeno}$

El nitrógeno medido es orgánico y amoniacal, y no se incluye el de nitratos y nitritos porque este nitrógeno no se reduce a amoníaco durante el proceso de análisis. No es frecuente que se formen nitratos y nitritos durante el tratamiento aerobio, a no ser que el periodo de estabilización se haya prolongado durante mucho tiempo.

8. Prueba de las proteínas.

Como consecuencia de su estructura a base de aminoácidos individuales, el contenido en nitrógeno de las proteínas varía sólo entre unos límites muy estrechos: 15 a 18%; en promedio 16%. Esto quiere decir que cada 6,25 g de proteína contienen 1 g de nitrógeno. Así, el factor 6,25 se utiliza para estimar la cantidad de proteína existente en una muestra a partir de la medición de nitrógeno de la misma.

Cálculo:

$\% \text{ proteína} = 6,25 * (\% \text{ nitrógeno})$

9. Prueba de la relación carbono/nitrógeno.

Su determinación es sencilla mediante la relación entre la cantidad de los dos componentes calculados con anterioridad.

Cálculo:

$$\frac{\% \text{ Carbono}}{\% \text{ Nitrógeno}}$$

10. Prueba del fósforo (fosfatos).

Equipo:

- ✓ Matraces Kjeldahl de 800 ml para digestión.
- ✓ Campana de humos.
- ✓ Matraces graduados de 200 ml.
- ✓ Recipientes de aluminio para muestras de 50 mm de diámetro y 22 mm de altura.
- ✓ Espectrofotómetro.
- ✓ Calorímetro fotoeléctrico (equipado con un filtro de luz de transmitancia máxima próxima a los 625 o 675 milimicrones).
- ✓ Horno de secado.
- ✓ Desecador.
- ✓ Balanza de análisis.
- ✓ Pipetas volumétricas.

Reactivos:

- ✓ H_2SO_4 93-96%.
- ✓ NaOH 10N 40%.
- ✓ Solución de molibdato.
- ✓ Solución de elón.
- ✓ Solución normal de fosfato biácido de potasio.

Procedimiento:

Preparación solución de molibdato:

Se disuelven 5 g de $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ en un litro de HCl 0.75 N.

Preparación solución de elón:

Se disuelven 10 g de elón en un litro de NaHSO_4 al 3%.

Preparación solución normal de fosfato biácido de potasio:

Se disuelven 1,917 g de KH_2PO_4 puro y seco en agua y se diluye hasta 1 litro. 1ml de esta solución equivale a 1 mg de P_2O_5 .

Se pesan unos 3 gramos de residuos secados de la muestra en un recipiente previamente secado y tarado. Se transfiere la muestra a un matraz Kjeldahl y se añaden unos

25 ml de H_2SO_4 concentrado y se digieren bajo la campana de humos hasta que el líquido se vuelva de color paja. Esto indica que la materia orgánica se ha descompuesto.

Se deja enfriar y se introduce en el matraz graduado de 200 ml, añadiendo unos 80 ml de agua. Se alcaliniza con la solución de NaOH, utilizando fenolftaleína como indicador. A continuación se filtra la mezcla eliminando la primera parte del filtrado y conservando la solución para determinar el fosfato y la potasa (el volumen de la solución básica de la muestra es de 200 ml). Con una pipeta se pasan 10 ml de la solución anterior a un vaso de boca ancha de 100 ml, se añaden 30 ml de solución de molibdato de amonio y 10 ml de solución de elón (50 ml de volumen total). Al mismo tiempo se depositan en matraces graduados de 50 ml cantidades medidas con pipeta de la solución normal de fosfato y se añaden las mismas cantidades de las soluciones de molibdato de amonio y elón. Se enresa con agua estilada. Se mezclan bien la muestra y las soluciones y se dejan reposar durante 30 minutos. Para hacer una comparación se sugiere utilizar soluciones normalizadas de 1, 2, 4, 6, 8 y 10 mg de P_2O_5 en 50 ml o preparar la curva de calibración del espectrofotómetro o calorímetro fotoeléctrico. Compárese inmediatamente la muestra en el calorímetro.

Cálculo:

$$\% \text{P}_2\text{O}_5 = \text{mg de P}_2\text{O}_5 \text{ (determinación calorimétrica)} \times 2 / (\text{peso seco neto en gramos})$$

*Este método es para la cantidad de 10 ml tomada de los 200 ml de la solución preparada de la muestra. Si se variasen las cantidades bastaría con hacer un ajuste en el resultado.

11. Prueba del potasio.

En este caso, se hará el análisis mediante fotometría de llama. Cuando se aspira una disolución acuosa en una llama adecuada de un quemador, los iones presentes emiten una radiación característica, cuya intensidad de emisión es función lineal de su concentración, lo que permite su determinación cuantitativa. La espectroscopía de llama, por tanto, mide la potencia radiante de una línea emitida por un analito aspirado dentro de una llama caliente. Para separar dicha línea de la radiación producida por la llama o por los demás componentes de la muestra se emplea un monocromador o filtro.

Equipo:

- ✓ Un fotómetro de llama con filtro para el potasio.

Reactivos:

- ✓ Solución normal de KCl.

Procedimiento:

Preparación de la solución normal de KCl:

Se disuelven 1,584 g de KCl seco reactivo en agua y se diluyen hasta 1 litro. 1 ml de esta solución equivale a 1 mg de K₂O. A partir de esta disolución se preparan las diferentes soluciones patrón que varían de 10 a 100 partes por millón de K₂O (de 1 a 10 ml de KCl diluidos hasta 100 ml).

Puesta a punto del instrumento:

Conectar el aparato y dejar que transcurra el tiempo necesario para conseguir la estabilización de la señal. Colocar el filtro de potasio y aspirar la disolución más concentrada y ajustar con ella el 100 de la escala. El cero de la escala se ajusta aspirando agua desionizada.

Recta de calibrado:

Se mide la señal de las disoluciones patrón. Hacer la representación gráfica de la variación de la señal medida en función de la concentración del analito.

Medida de las muestras:

Aspirar la disolución de la muestra y leer en la escala del instrumento la señal correspondiente a la emisión producida. Deducir el valor de la concentración de analito por interpolación en la correspondiente recta de calibrado.

Cálculo:

$$\% \text{ K}_2\text{O} = (\text{ppm de K}_2\text{O en la solución muestra}) / (50 \times \text{peso seco neto en gramos})$$

*La anterior fórmula es para un volumen básico de solución muestra de 200 ml. Si se variase el volumen bastaría con hacer un ajuste en el resultado.

*Si la solución de la muestra es más concentrada que las soluciones tipo, se diluye una parte de ella y se ajusta el cálculo.

12. Prueba de hidrógeno y carbono.

Un tren de combustión es una herramienta analítica que sirve para la determinación de la composición elemental de un compuesto químico. Con el conocimiento de la composición elemental, puede derivarse una fórmula química.

Equipo:

- ✓ Horno eléctrico para calentar tubos cerrados para la combustión de sustancias orgánicas.
- ✓ Cápsulas de combustión con tapa.
- ✓ Tubos secadores en U con tubos laterales de 16 mm de diámetro interior y 150 mm de altura.
- ✓ Lavagases Fisher- Milligan.
- ✓ Balanza de análisis.
- ✓ Horno de secado.
- ✓ Aparato desecador.
- ✓ Tubos Tygon.
- ✓ Botella de oxígeno extra seco preparado con aire líquido.

Reactivos:

- ✓ Ácido sulfúrico concentrado.
- ✓ Óxido de cobre (CuO) granular (calentado a 900 °C durante una hora antes de usarlo): agente oxidante.
- ✓ Cromato de plomo granular.
- ✓ Peróxido de plomo granular.
- ✓ Perclorato de magnesio: agente anhidro para recolector de gas y así poder atrapar el agua generada.
- ✓ Ascarita: minerales fibrosos recubiertos de una capa de hidróxido sódico que se emplea para absorber dióxido de carbono.
- ✓ Alambre de plata pura.
- ✓ Filtro de amianto.

Procedimiento:

Se monta el tren de combustión. El alambre de plata sirve para facilitar la conducción del calor desde el centro del tubo de combustión a la salida para que en esta parte del tubo no se acumule la humedad. El peróxido de plomo se tiene que mantener a 190 °C durante toda la prueba. Se obtiene el peso inicial de las muestras “A” y “B”. A continuación se pesan de 0,5 a 1 g de residuos secados de la muestra directamente en una cápsula de combustión. Se

conectan dos calentadores y se va aumentando la temperatura gradualmente hasta los 800-900 °C. La circulación de oxígeno por el tren de combustión se regulará en aproximadamente 500 ml por minuto. La muestra se debe mantener en combustión durante 30 minutos por lo menos, dejando después un tiempo para asegurar que toda el agua formada durante la combustión ha sido arrastrada por la corriente de oxígeno al tubo de secado que contiene el perclorato de magnesio. Finalmente se obtiene el peso final de las muestras “A” y “B”.

El fundamento de la prueba se basa en hacer reaccionar la muestra con óxido de cobre para formar dióxido de carbono y agua. El carbono reacciona con el CuO, dando lugar a CO₂ en forma gaseosa. Éste reacciona con la base formando un precipitado que posteriormente se disolverá con el ácido clorhídrico, dando lugar a una sal soluble de cloruro, agua y CO₂.

El hidrógeno reaccionará con el óxido de cobre, dando lugar a gotas de agua.

Cálculos:

% Hidrógeno = {aumento de peso de “A” x 5,55} / peso de la muestra

% Carbono = {aumento de peso de “B” x 27,29} / peso de la muestra

*Contenido porcentual de carbono atómico en una molécula de CO₂:

$$\frac{\text{masa C}}{\text{Masa CO}_2} * 100 = \frac{12 \text{ u C}}{44 \text{ u CO}_2} * 100 = 27,29\%$$

*Contenido porcentual de hidrógeno atómico en una molécula de H₂O:

$$\frac{\text{masa H}}{\text{masa H}_2\text{O}} * 100 = \frac{1 \text{ u H}}{18 \text{ u H}_2\text{O}} * 100 = 5,55\%$$

7. CONSIDERACIONES FINALES

Una vez más se debe destacar la importancia de conseguir un acuerdo sobre normativa y especificaciones de compost que permitiese a su vez, establecer métodos comunes de control y de valoración. Es necesario definir una calidad general del compost (llegando a un acuerdo entre generadores y gestores de residuos, usuarios potenciales y técnicos) y además establecer unos parámetros diferenciados para usos diversos, sin querer significar esta propuesta que los máximos permitidos de contaminantes se puedan sobrepasar según el destino. Una vez establecidos los niveles mínimos de calidad y antes de aumentar las exigencias, debe tenerse en cuenta la relación entre calidad y costes y definir qué tipo de costes deben computarse y donde se han de aplicar.

Partiendo de los niveles mínimos de calidad anteriormente citados se puede clasificar los distintos compost según:

- Valores de pH y conductividad eléctrica.
- Granulometrías.
- Contenidos de materia orgánica total y materia orgánica resistente a la descomposición (MOR) y, por lo tanto, pobremente humificada.
- Niveles de nitrógeno en forma amoniacal.
- Resultados de las pruebas de germinación.

Atendiendo a estos niveles el compost se clasifica en:

- Calidad baja: sellado de vertederos, recuperación de suelos marginales, recuperación de suelos degradados.
- Calidad media: agricultura extensiva, silvicultura, control de la erosión, restauración del paisaje.
- Calidad alta: sustratos, viveros, horticultura, césped deportivo, jardinería privada y pública.

Por ejemplo, un compost que cumpla las condiciones mínimas (niveles de humedad, materia orgánica, metales...) y que tenga una granulometría adecuada, sin presencia de impurezas visibles, sin malos olores, pero no completamente estabilizado puede considerarse de calidad media y ser utilizado sin problemas en agricultura extensiva, pero no en horticultura o para la preparación de sustratos.

A partir del establecimiento de unos parámetros de calidad se pretende que el compostaje no resulte ser una transferencia de contaminantes desde los centros productores y tratadores de residuos hasta el medio agrícola o natural. Esta contaminación que debe evitarse puede ser muy aparente (restos de plásticos o partículas metálicas), no observable a simple vista (dispersión de metales y contaminantes orgánicos) o bien ser debida a un mal

uso (dosis excesivas y no adecuadas al cultivo y al momento de la aplicación) que provoquen simplemente un aumento excesivo e innecesario de ciertas especies químicas.

La estrategia para conseguir una determinada calidad no puede separarse de un planteamiento global de la gestión de los residuos. No tiene sentido poner unas normas restrictivas para la fabricación y calidad del compost, si otros materiales se utilizan con una exigencia mucho menor o si se hace un uso indebido del mismo.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 6. SISTEMA DE ANÁLISIS Y PUNTOS DE CONTROL CRÍTICO

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PRERREQUISITOS.....	2
3. ESTUDIO DEL SISTEMA APPCC	6
3.1. Principios del sistema APPCC	6
3.2. Tareas que se deben realizar para la implantación del sistema APPCC.....	9
4. APLICACIÓN DEL SISTEMA APPCC	11
4.1. Diagrama de flujo con los puntos críticos de control	12
4.2. Aplicación del sistema por fases	13
4.3. Desarrollo de las distintas fases del proceso	20
5. BUENAS PRÁCTICAS HIGIÉNICAS	24
5.1. Salud e higiene del personal	24
5.2. Higiene de equipos y utensilios	26
5.3. Higiene de locales	27
6. PLAN DE FORMACIÓN DE LOS MANIPULADORES	28
7. PROGRAMA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN.....	29
7.1. Evaluación de la suciedad y las superficies que hay que higienizar.....	29
7.2. Sistemas de limpieza y desinfección.....	30
8. LUCHA CONTRA PLAGAS	32
8.1. Desinsectación.....	32
8.2. Desratización	33
9. VERIFICACIÓN.....	34

1. INTRODUCCIÓN

Como herramienta de evaluación del proceso productivo diseñado, se ha seleccionado un mecanismo de identificación de riesgos comúnmente utilizado en la industria alimentaria, el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC).

Se puede definir el sistema APPCC como un método preventivo que controla de forma lógica, objetiva y sistemática la producción en una industria agroalimentaria con el objetivo de producir alimentos sanos e inocuos para el consumidor. Mantenido por la Comisión del Codex Alimentarius de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, el enfoque APPCC fue desarrollado para garantizar la seguridad de los alimentos para los astronautas. Posteriormente, las empresas alimentarias y las autoridades nacionales e internacionales las han aceptado ampliamente como el medio más rentable de controlar los peligros transmitidos por los alimentos.

El Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, que regula los fertilizantes orgánicos en España, no hace ningún inciso sobre la utilización de esta metodología en la elaboración de compost, si bien el Reglamento (CE) no. 1069/2009 del Parlamento Europeo, de 21 de octubre de 2009, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano, indica que las actividades de transformación de subproductos animales en compost “*establecerán, aplicarán y mantendrán uno o varios procedimientos permanentes escritos sobre la base de los principios del análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC)*”.

Según esto, para el presente proyecto en el que se realiza la labor del compostaje, se ha decidido aplicar un sistema APPCC adaptado a la actividad, ya que no se trata de la obtención de un producto alimenticio inocuo para la salud del consumidor, sino más bien, se deben identificar, valorar y evitar los peligros que pueden afectar a la calidad del producto y perjudicar a la salud de los trabajadores y al medio ambiente, a fin de poder aplicar las medidas apropiadas para eliminar estos peligros o disminuirlos hasta niveles aceptables.

La base del sistema APPCC es la identificación de los puntos críticos de control existentes y su vigilancia para que no se desvíen de los rangos establecidos, aplicando las oportunas correcciones en caso de que fuera necesario. Este proceso de implantación debe ajustarse en todo momento a la realidad del establecimiento en el que se esté implementando el sistema, considerando única y exclusivamente aquellas etapas, tecnologías, equipos y manipulaciones que realmente se realicen en la empresa, sin añadir ni restar etapas a las existentes. Solo de esta manera el sistema será práctico, útil y eficaz.

Se define un Punto de Control Crítico como toda fase, etapa o proceso en el que es posible aplicar una medida de control y de esta forma eliminar o reducir un peligro hasta un nivel aceptable.

2. PRERREQUISITOS

Los prerrequisitos se definen como aquellas prácticas y condiciones necesarias, antes y durante la implantación del sistema APPCC, que son esenciales para la seguridad alimentaria.

A pesar de que los prerrequisitos se establecen separadamente del sistema APPCC, su existencia y efectividad debe estar presente durante el diseño e implantación del APPCC y deben estar, por lo tanto, documentados y verificados de manera regular juntamente con la validación del sistema de análisis de peligros.

Se tiene que tener en cuenta que, cuando los prerrequisitos se gestionan separadamente del APPCC, existe el riesgo de olvidar peligros generales que pueden afectar a la seguridad del producto y centrar los esfuerzos únicamente en los peligros específicos del proceso.

En los prerrequisitos aplicados al proceso de compostaje se deben incluir los siguientes planes:

1. Plan de mantenimiento

Los locales e instalaciones deben poseer un diseño higiénico. El flujo de materiales debe ser siempre hacia delante. Los materiales de construcción de los equipos, locales e instalaciones deben mantenerse siempre en buen estado, impedir la corrosión y la migración de materiales inertes al producto. Además, la solera estará perfectamente pavimentada y con la pendiente adecuada para desalojar los lixiviados desde la red de tuberías hasta la balsa.

Se deben incluir los siguientes puntos:

- Descripción estructural general de la empresa.
- Descripción general de locales, instalaciones y útiles.
- Estado actual de las instalaciones, locales, equipos y útiles.
- Definición del programa de mantenimiento.
- Responsabilidades.
- Programa de calibración y mantenimiento de instrumentos de medida.
- Medidas correctivas.

2. Plan de limpieza y desinfección

Se trata de un conjunto de acciones previstas que se ejecutan regularmente para que los locales de la industria, los equipos, los utensilios, las ropas de trabajo y los vehículos que se manejan presenten una higiene adecuada en cada ciclo de trabajo. Debe constar en este plan:

- Definición del plan de limpieza y desinfección en la empresa.
- Relación de locales, equipos, utillaje, vehículos, ropa, etc., afectados por este plan.
- Procedimientos de limpieza de los diferentes elementos.
- Calendario de limpieza.
- Comprobación de la eficacia del plan de limpieza instaurado.
- Responsabilidades.
- Medidas correctivas.

Además, teniendo en cuenta la actividad industrial que se llevará a cabo, se ha querido desarrollar un apartado dedicado a la salud de los trabajadores. La exposición continuada a bioaerosoles puede provocar afecciones, sobretodo respiratorias, y algunos trastornos gastrointestinales. Por ello, se llevarán a cabo medidas para minimizar esos riesgos y así proteger la salud de las personas expuestas. Todo ello se complementará con controles médicos rutinarios para comprobar el estado de salud de los trabajadores.

3. Plan de control de plagas

Se trata de una serie de medidas predeterminadas y actuaciones sistemáticas documentadas encaminadas a neutralizar o eliminar la posibilidad de una contaminación potencial producida por vectores tales como insectos y animales (pájaros, roedores...). Este plan contará con los puntos siguientes:

- Definición del programa de prevención de plagas.
- Descripción general de las medidas pasivas y activas encaminadas a impedir la entrada y desarrollo de plagas.
- Programa de vigilancia.
- Programa de control y eliminación de plagas.
- Medidas correctivas.

4. Plan de control del agua

Se deberán realizar controles periódicos al agua utilizada en la industria con el objeto de verificar que posee unos valores microbiológicos adecuados y de niveles de metales pesados para evitar perjudicar la calidad del compost y contaminar el cultivo de destino.

En este plan se incluyen:

- Descripción general del abastecimiento de agua en la industria y características básicas de la instalación.
- Descripción general de los locales y elementos por donde circula o se distribuye este recurso.

- Relación de puntos de agua.
- Programa de mantenimiento de elementos relacionados con el agua.
- Responsabilidades y medidas correctivas.

5. Plan de transportes

Este plan permite disponer de las normas que han de cumplirse durante el transporte de materias primas hasta la planta de compostaje y durante el reparto del compost final hasta los puntos de venta. Todas las acciones e incidencias ocurridas se documentarán por escrito.

6. Plan de control de proveedores

El plan de control de proveedores recoge el conjunto de medidas que los responsables de la empresa ponen en marcha para garantizar que las materias primas que se emplean para elaborar el compost son sanitariamente adecuadas o si, por el contrario, no cuentan con los microorganismos suficientes para iniciar el proceso de fermentación. Contará también con los siguientes puntos:

- Definición del plan de control de proveedores.
- Requisitos de homologación de proveedores industriales.
- Requisitos de producción de la materia prima
- Responsabilidades.
- Medidas correctivas.

7. Plan de trazabilidad

Un programa de control de la trazabilidad consiste en una serie de pautas predeterminadas y actuaciones sistemáticas documentadas que permiten tener acceso en cualquier momento a la información necesaria para poder identificar y localizar los lotes de productos elaborados, tanto dentro como fuera de la empresa, y conocer las circunstancias de producción (trazabilidad de materias primas, condiciones de fabricación, ...) de cualquier lote elaborado. Eso permitirá poder retirar cualquier producto del mercado si fuera necesario.

Incluirá:

- Objetivos y marco legal.
- Metodología.
- Responsabilidades.
- Incidencias y medidas correctivas.

8. Plan de eliminación de residuos

Se trata de un conjunto de medidas promovidas por los responsables de la empresa para gestionar los residuos generados y que éstos se eliminen de manera adecuada con el objeto de preservar la calidad e higiene del producto final y de minimizar su repercusión respecto al medio ambiente.

Los residuos generados durante la actividad en la planta serán los inertes desechados durante el pretratamiento de los residuos (plásticos principalmente) y las aguas residuales procedentes de la limpieza de máquinas e instalaciones. Se gestionarán por empresas especializadas.

9. Plan de formación y control de manipuladores

El plan de formación de manipuladores recoge el conjunto de medidas que la empresa pone en marcha para garantizar que todos los trabajadores adquieran o incrementen una formación para hacerles conscientes de su importancia sobre la calidad de los materiales, los posibles daños ocasionados al medio ambiente y a terceros y sobre su propia seguridad. Además se les concienciará sobre el impacto que sus acciones pueden tener sobre la calidad final del compost.

3. ESTUDIO DE SISTEMA APPCC

3.1. Principios del sistema APPCC

Principio 1: Realizar un análisis de peligros

Para asegurar el éxito de un plan de APPCC es fundamental identificar y analizar los peligros de manera satisfactoria. Deberán tenerse en cuenta todos los peligros efectivos o potenciales que puedan darse en cada una de las fases del proceso. En los programas de APPCC, los peligros para la inocuidad de los productos se han clasificado en los tres tipos siguientes:

- **Biológicos.** Son microorganismos, restos de microorganismos y restos orgánicos de los propios residuos orgánicos que son tratados en las instalaciones y que perjudican a los trabajadores. Pueden aparecer bacterias, virus, parásitos, patógenos, hongos, toxinas, De todas las afecciones posibles hay que destacar las provocadas por la inhalación de bioaerosoles como por ejemplo los géneros fúngicos *Penicillium spp.* y *Aspergillus spp.* y los subproductos como ciertas micotoxinas y endotoxinas. También se deberá prestar atención a las materias primas contaminadas y al bajo nivel de microorganismos beneficiosos que participan en la descomposición.
- **Químicos.** Son peligros causados principalmente por la contaminación ambiental debido a los posibles lixiviados generados o a la elevada concentración de metales pesados en el producto final. Además se incluyen los compuestos volátiles que se pueden originar debido a la propia fermentación de la materia orgánica que provocan contaminación atmosférica y malos olores.
- **Físicos.** Se refiere principalmente a cualquier actividad del procesado que no se realiza correctamente y que por ello, perjudica la calidad del producto final. Podrían ser, por ejemplo, la presencia de inertes que no son compostables o un fallo en alguno de los parámetros de la fermentación.

Una vez que se ha identificado un peligro, deberán estudiarse las medidas de control pertinentes. Estas medidas consisten en cualquier acción o actividad que pueda utilizarse para controlar el peligro identificado, de manera que se prevenga, se elimine o se reduzca a un nivel aceptable.

Principio 2: Determinar puntos críticos de control

Deberán recorrerse una por una todas las etapas del diagrama de flujo del producto, dentro del ámbito de aplicación del estudio de APPCC, estudiando la importancia de cada uno de los peligros identificados. También es importante en esta fase recordar el ámbito de aplicación declarado del análisis del sistema de APPCC. El equipo deberá determinar si puede producirse el

peligro en esta fase y, en caso afirmativo, si existen medidas de control. Si el peligro puede controlarse adecuadamente (y no es preferible realizar ese control en otra fase) y es esencial para la inocuidad y calidad de los productos, entonces esta fase es un PCC para dicho peligro. Puede utilizarse un árbol de decisiones para determinar los PCC. No obstante, los principales factores para establecer un PCC son el buen juicio del equipo de APPCC, su experiencia y su conocimiento del proceso.

Si se identifica una fase en la que existe un peligro pero no pueden establecerse medidas de control adecuadas, ya sea en esa fase o más adelante, el producto no es apto. Deberá suspenderse la producción hasta que se dispongan medidas de control y pueda introducirse un PCC.

Principio 3: Establecer límites críticos

Deberán especificarse y validarse límites críticos para cada PCC. Entre los criterios aplicados suelen figurar las mediciones de temperatura, tiempo, condiciones de aireación, contenido en metales pesados, y parámetros sensoriales como el aspecto.

Todos los límites críticos, y las correspondientes tolerancias admisibles, deberán documentarse en la hoja de trabajo del plan de APPCC e incluirse como especificaciones en los procedimientos operativos.

Principio 4: Establecer un sistema de vigilancia

La vigilancia es el mecanismo utilizado para confirmar que se cumplen los límites críticos en cada PCC. El método de vigilancia elegido deberá ser sensible y producir resultados con rapidez, de manera que pueda detectar cualquier pérdida de control de la fase. Esto es imprescindible para poder adoptar cuanto antes una medida correctiva, de manera que se prevenga o se reduzca al mínimo un peligro.

Principio 5: Establecer medidas correctoras

Si la vigilancia determina que no se cumplen los límites críticos, demostrándose así que el proceso está fuera de control, deberán adoptarse inmediatamente medidas correctoras. Las medidas correctoras deberán tener en cuenta la situación más desfavorable posible, pero también deberán basarse en la evaluación de los peligros, los riesgos y la gravedad, así como en el uso final del producto.

Las medidas correctoras deberán asegurar que el PCC vuelve a estar bajo control y que se eliminan las materias primas o productos afectados de forma adecuada. Siempre que sea

posible, deberá incluirse un sistema de alarma que se activará cuando la vigilancia indique que se está llegando al límite crítico. Podrán aplicarse entonces medidas correctoras para prevenir una desviación y prevenir así la necesidad de eliminar el producto.

Principio 6: Verificación del sistema APPCC

Una vez elaborado el plan de APPCC y validados todos los PCC, deberá verificarse el plan en su totalidad. Cuando el plan esté aplicándose normalmente, deberá verificarse y examinarse de forma periódica. Esta tarea incumbirá a la persona encargada de este componente específico del sistema del producto. Se podrá así determinar la idoneidad de los PCC y las medidas de control y verificar la amplitud y eficacia de la vigilancia.

Para confirmar que el plan está bajo control, el sistema puede verificarse de las siguientes formas:

- Tomando muestras para analizarlas mediante un método distinto del utilizado en la vigilancia.
- Interrogando al personal, especialmente a los encargados de vigilar los PCC.
- Observando las operaciones en los PCC.
- Encargando una auditoría oficial a una persona independiente.

Principio 7: Establecer un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación

El mantenimiento de registros es una parte esencial del sistema APPCC. Demuestra que se han seguido los procedimientos correctos, desde el comienzo hasta el final del proceso, lo que permite rastrear el producto. Deja constancia del cumplimiento de los límites críticos fijados y puede utilizarse para identificar aspectos problemáticos.

Deberán mantenerse registros de todos los procesos y procedimientos vinculados a las BPF(buenas prácticas de fabricación) y las BPH(buenas prácticas de higiene), la vigilancia de los PCC, desviaciones y medidas correctoras.

También deberán conservarse los documentos en los que consta el estudio de APPCC original, como la identificación de peligros y la selección de límites críticos, pero el grueso de la documentación lo formarán los registros relativos a la vigilancia de los PCC y las medidas correctoras adoptadas. El mantenimiento de registros puede realizarse de diversas formas, desde simples listas de comprobación a registros y gráficos de control.

3.2.- Tareas que se deben realizar para la implantación del sistema APPCC

Para llevar a cabo la implantación del sistema APPCC y cumplir el primer principio de evaluación de peligros se tienen que realizar previamente una serie de tareas.

Establecer un equipo de APPCC

Para poder realizar un correcto análisis de los peligros se debe de establecer un equipo que lo realice. El equipo debe estar formado por:

- Un jefe de equipo que convoque el grupo y que dirija sus actividades asegurándose de que se aplica correctamente el concepto. Esta persona debe conocer la técnica, ser un buen oyente y permitir la contribución de todos los participantes.
- Un especialista con amplios conocimientos del proceso productivo. Este especialista desempeñará una función primordial en la elaboración de los diagramas de flujo del producto.
- Diversos especialistas, cada uno de los cuales conozca determinados peligros y los riesgos que los acompañan; por ejemplo, un microbiólogo, un químico, un responsable de control de la calidad, un ingeniero.
- Un secretario técnico que deberá dejar constancia de los progresos del equipo y los resultados del análisis.

Si se produce alguna modificación del producto o de los procedimientos operativos, el plan de APPCC deberá evaluarse de nuevo teniendo en cuenta los cambios realizados.

Describir el producto

Para iniciar un análisis de peligros, deberá elaborarse una descripción completa del producto. La descripción deberá incluir información pertinente sobre su composición, propiedades físicas y químicas de las materias primas y del producto final. También deberá tenerse en cuenta la información sobre cómo deberá almacenarse y transportarse el producto, así como datos sobre su vida útil y las temperaturas recomendadas para el almacenamiento.

El compost que se pretende comercializar es de tipo B. Se venderá a granel con sus correspondientes documentos, conteniendo toda la información necesaria como: origen, límites de metales pesados, sugerencias de aplicación, controles de calidad, etc.

El compost no tiene fecha de caducidad, pero si se quiere almacenar un tiempo prolongado para su posterior uso conviene mantenerlo en un lugar cubierto, fresco y húmedo.

Identificar el uso al que ha de destinarse el producto

Es importante tener en cuenta cómo se tiene la intención de utilizar el producto. La información sobre la dosis suministrada o el modo de aplicación influirán en el análisis de peligros. Deberá también tenerse en cuenta la probabilidad de que se realice un uso inadecuado de un producto.

El compost está destinado a la fertilización de suelos agrícolas, en las dosis recomendadas según el tipo de compost que se esté utilizando. No necesita ningún tipo de transformación posterior. Para compost de clase B, como el que se comercializará, no existen limitaciones de aplicación, excepto en zonas designadas como vulnerables, donde la aplicación se ajustará al programa de actuación establecido en cada caso. Su aplicación al suelo se realizará siguiendo los códigos de buenas prácticas agrarias.

Elaborar el diagrama de flujo del producto

La primera función del equipo es elaborar un diagrama de flujo del producto. En esta fase son importantes los conocimientos del especialista en el producto. Los pormenores de los sistemas de productos serán diferentes en distintas partes del mundo, e incluso en un mismo país pueden existir diversas variantes. La elaboración secundaria deberá describirse de forma pormenorizada para cada fábrica, utilizando diagramas de flujo genéricos únicamente con carácter orientativo. El diagrama de flujo del producto que se va a elaborar se encuentra en el Anejo 3: *Ingeniería del proceso productivo*.

Verificación del diagrama de flujo

Una vez completado el diagrama de flujo del producto, los miembros del equipo deberán visitar el sistema del producto con el fin de comparar la información recogida en el diagrama de flujo del producto con la situación real.

4.1. Diagrama de flujo con los puntos críticos de control

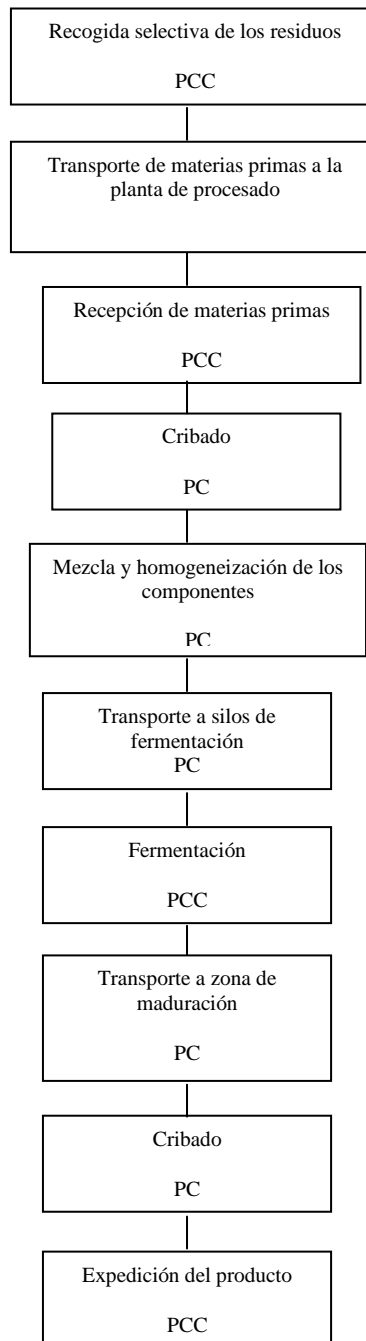


Diagrama 1. Diagrama de flujo con los puntos de control del proceso de compostaje.

4.2. Aplicación del sistema por fases.

A continuación se debe hacer una descripción de los peligros que pueden existir en las diferentes etapas del proceso de compostaje. Se han querido incluir los peligros sobre las personas y sobre el medio ambiente por la repercusión que pueden llegar a tener. Se evaluará su efecto y se establecerán medidas correctoras aunque no tengan influencia en las características del producto final y no constituyan una etapa del sistema APPCC.

Tabla 1. Aplicación del sistema APPCC a cada una de las fases presentes en el sistema de compostaje.

Operación	Descripción	Medidas preventivas	PCC	Límites críticos	Vigilancia	Frecuencia	Medidas correctoras	Registro
Recogida selectiva de los residuos	Biológico							
	-Contaminación por patógenos	-No recoger materias inadecuadas		Ausencia	-Garantía sanitaria de los proveedores -Inspección sensorial	-Cada partida	-Rechazo de materia prima no apta -Cambio de proveedor	-Hoja de control de recogida de materias primas
	-Ausencia microorganismos fermentativos	-No recoger materias inadecuadas	Sí	Ausencia	-Garantía de los proveedores	-Cada partida	-Rechazo de materia prima no apta -Cambio de proveedor	-Hoja de control de recogida de materias primas

Transporte de materias primas a la planta	Físico							
	-Caída de materiales del camión	-Cubrir la caja del camión con la lona -Conducción acorde a cada situación.		Ausencia	-Inspección visual de las condiciones de transporte - Conductor cualificado	-Cada partida	-Retirada de material caído	-Hoja de registro de transporte
	Químico							
	-Molestias por malos olores	-Evitar el paso por núcleos urbanos -Cubrir la caja del camión con la lona		Ausencia	-Inspección visual de las condiciones de transporte	-Cada partida	-Diseño de rutas de transporte	-Hoja de registro de transporte

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 6. Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos

Recepción materias primas en la planta	Biológico							
	-Formación bioaerosoles	-Procesar los residuos cuanto antes -Personal provisto de mascarilla		No existen valores límite*	-Formación trabajadores -Controles sanitarios	-Cada partida	-Mejora de las operaciones	-Hoja de registro del procesado
	-Ataque de roedores o insectos	-Plan de limpieza y desinfección	Sí	Ausencia	-Plan de limpieza y desinfección	-Diario	-Revisión del plan de higiene y desinfección	-Registro de control de higiene
	Químico							
	-Contaminación ambiental por lixiviados	-Impermeabilización y pendiente adecuadas. -Red de recogida de lixiviados		Ausencia	-Revisión y mantenimiento de las instalaciones	-Según la vida útil de los materiales	-Aviso al organismo competente	-Hoja de registro del procesado
	-Generación de COVs	-Procesar los residuos cuanto antes.		Límites establecidos por la legislación**	-Inspección sensorial por la generación de olores	-Cada partida	-Mejora de las operaciones	-Hoja de registro del procesado
	Físico-Químico							
	-Parámetros físico- químicos inadecuados	-Realización de análisis	Sí	Cumplimiento del R.D. 506/2013	-Control de calidad	-Cada partida	-Rechazo materia prima -Sanción por incumplimiento de las condiciones de calidad concertadas	-Resultados analíticos

* Ningún organismo ha establecido valores límite de exposición a bioaerosoles. Según la Comisión para Bioaerosoles de la *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), un valor límite de exposición general para la concentración de bioaerosoles cultivables o contables no tiene una justificación científica.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 6. Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos

** La Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, y el Real Decreto 39/1997, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, establece los VLA (valores límite ambientales) de exposición a agentes químicos y facilita unas fórmulas para su cálculo en los establecimientos para así poder compararlos con los VLA.

Cribado	Biológico							
	Formación bioaerosoles	-Procesar los residuos cuanto antes -Personal provisto de mascarilla		No existen valores límite	-Formación trabajadores -Controles sanitarios	-Cada partida	-Mejora de las operaciones	-Hoja de registro del procesado
	Físico							
	-Contaminación por piezas metálicas	-Plan de mantenimiento de equipos	No	Ausencia	-Revisión del estado de la máquina -Inspección visual	-Diario	-Mejora del plan de mantenimiento de equipos	-Plan de mantenimiento de equipos
	-Procesado incorrecto: presencia de materiales inertes	-Formación del personal -Mantenimiento preventivo	No	Ausencia	-Control de las operaciones -Inspección visual	-Diario	-Repetición del proceso	-Hoja de registro del procesado
	Químico							
	-Generación de COVs	-Procesar los residuos cuanto antes.		Límites establecidos por la legislación	-Inspección sensorial por la generación de olores	-Cada partida	-Mejora de las operaciones	-Hoja de registro del procesado

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 6. Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos

Mezcla y triturado de los componentes	Biológico							
	Formación bioaerosoles	-Procesar los residuos cuanto antes -Personal provisto de mascarilla		No existen valores límite	-Formación trabajadores -Controles sanitarios	-Cada partida	-Mejora de las operaciones	-Hoja de registro del procesado
	Físico							
	-Contaminación por piezas metálicas	-Plan de mantenimiento de equipos	No	Ausencia	-Revisión del estado de la máquina -Inspección visual	-Diario	-Mejora del plan de mantenimiento de equipos	-Plan de mantenimiento de equipos
	-Procesado incorrecto: mala homogeneización	-Formación del personal -Mantenimiento preventivo	No	Mezcla homogénea	-Control de las operaciones -Inspección visual	-Diario	-Repetición del proceso	-Hoja de registro del procesado
	Químico							
	-Generación de COVs	-Procesar los residuos cuanto antes.		Límites establecidos por la legislación	-Inspección sensorial por la generación de olores	-Cada partida	-Mejora de las operaciones	-Hoja de registro del procesado

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 6. Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos

Transporte a silos de fermentación	Biológico							
	Formación bioaerosoles	-Procesar los residuos cuanto antes -Personal provisto de mascarilla		No existen valores límite	-Formación trabajadores -Controles sanitarios	-Cada partida	-Mejora de las operaciones	-Hoja de registro del procesado
	Físico							
	-Compactación de la pila	-Formación del personal	No	Presencia de huecos y poros adecuada	-Control de las operaciones -Inspección visual	-Cada operación	-Repetición del proceso	-Hoja de registro del procesado
	Químico							
	-Generación de COVs	-Procesar los residuos cuanto antes.		Límites establecidos por la legislación	-Inspección sensorial por la generación de olores	-Cada partida	-Mejora de las operaciones	-Hoja de registro del procesado

Fermentación	Químico							
	-Generación de COVs	- Control de las condiciones de fermentación -Personal cualificado -Funcionamiento adecuado del biofiltro		Límites establecidos por la legislación	-Control de automatismos	-Cada operación	-Reparación o recambio de equipos	-Hoja de registro del procesado
	Físico							
	-Parada de la fermentación -Condiciones de anaerobiosis	- Control de las condiciones de fermentación -Personal cualificado	Sí	-Condiciones adecuadas según fase de la fermentación	-Revisión del estado de los equipos y la instalaciones	-Diario	-Reparación o recambio de equipos - Inspección visual y pruebas periódicas del proceso	-Hoja de registro del procesado

	Biológico							
--	-----------	--	--	--	--	--	--	--

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 6. Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos

Transporte a zona de maduración	Formación bioaerosoles	-Procesar los residuos cuanto antes -Personal provisto de mascarilla		No existen valores límite	-Formación trabajadores -Controles sanitarios	-Cada partida	-Mejora de las operaciones	-Hoja de registro del procesado
--	------------------------	---	--	---------------------------	--	---------------	----------------------------	---------------------------------

Cribado	Biológico							
	Formación bioaerosoles	-Procesar los residuos cuanto antes -Personal provisto de mascarilla		No existen valores límite	-Formación trabajadores -Controles sanitarios	-Cada partida	-Mejora de las operaciones	-Hoja de registro del procesado
	Físico							
	-Procesado incorrecto: materiales de granulometría inadecuada	-Formación del personal	No	Cumplimiento del R.D. 506/2013	-Control de las operaciones -Inspección visual	-Diario	-Repetición del proceso	-Registro de condiciones de procesado

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 6. Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos

Expedición	Biológico							
	-Contaminación por restos biológicos en el camión	-Plan de limpieza y desinfección	Sí	Ausencia	-Plan de limpieza y desinfección	-Diario	-Revisión del plan de higiene y desinfección	-Registro de control de higiene
	Físico							
	-Caída de materiales del camión	-Cubrir la caja del camión con la lona -Conducción acorde a cada situación.		Ausencia	-Inspección visual de las condiciones de transporte - Conductor cualificado	-Cada partida	-Retirada de material caído	-Hoja de registro de transporte

4.3.- Desarrollo de las distintas fases del proceso

Recogida selectiva de los residuos

- Peligros: Se evitará recoger cualquier excremento de animales que estén enfermos ya que el riesgo de transmisión de enfermedades puede ser elevado. Además, el estiércol de animales que hayan sido tratados con antibióticos debe estar indicado ya que está libre de microorganismos que inicien los procesos de fermentación.
- Medidas preventivas: las principales medidas preventivas se relacionan con la no recogida de las materias primas que no sean adecuadas o que estén contaminadas.
- Límite crítico: no se tolerarán las materias primas contaminadas o con baja carga microbiana fermentativa, por lo que no se recogerán las materias primas sospechosas.
- Vigilancia: se efectuará una inspección sensorial de las materias primas, además de revisar los documentos de garantía que las acompañan.
- Medidas correctoras: la materia prima que no sea apta no se deberá recoger y, si fuera necesario, se cambiará de proveedor o se le sancionará por el incumplimiento de las condiciones de calidad establecidas.
- Registros: se registrarán todas las incidencias que ocurran durante esta etapa.

Transporte de materias primas a la planta

- Peligros: durante el transporte de las materias primas a la planta puede ocurrir que haya dispersión de olores o que se caiga parte de la carga durante el recorrido.
- Medidas preventivas: las medidas preventivas durante esta etapa derivan principalmente de vigilar las condiciones de transporte del producto hasta la planta de procesado. Se debe evitar el paso por núcleos urbanos y se debe cubrir el vehículo con la lona y asegurar correctamente la carga.
- Límite crítico: las medidas preventivas van encaminadas a evitar la presencia de material caído del camión y a las molestias causadas por su tránsito y por los olores.
- Vigilancia: se vigilarán las condiciones de transporte, así como los tiempos de transporte, tiempos de descanso, cargas máximas, condiciones ambientales, protección frente a la intemperie, variaciones climáticas en la cabina del conductor....
- Medidas correctoras: se retirará todo material caído del camión y se rediseñarán las rutas de transporte si fuera necesario. Se debe asegurar el transporte en vehículos autorizados.
- Registros: se llevará un registro de cualquier incidencia ocurrida en esta etapa.

Recepción materias primas en la planta

- Peligros: en esta etapa los residuos son recepcionados y depositados en la zona de descarga que ha de estar debidamente pavimentada e impermeabilizada, con objeto de evitar lixiviaciones a las capas freáticas. En esta etapa se tomará una primera muestra para caracterizar el producto y medir los parámetros físico-químicos determinados en el control de calidad. Se presentará especial atención al ataque de roedores o insectos para evitar su propagación
- Medidas preventivas: mantener la zona de descarga limpia y desratizada. El material debe

tratarse lo más rápidamente posible evitando la formación de bioaerosoles y de COVs. La zona se mantendrá perfectamente impermeabilizada para evitar contaminación por los lixiviados generados.

- **Límite crítico:** En cuanto al control de calidad, se controlará que los residuos que llegan a la planta se encuentran dentro de unos rangos adecuados de carbono orgánico oxidable, nitrógeno total, humedad, densidad... Además se realizarán controles sanitarios rutinarios a los empleados para comprobar que no sufren afecciones respiratorias.
- **Vigilancia:** Se realizará inspección visual y se tomarán muestras para caracterizar el producto que entra y se verificarán los documentos de los proveedores. También se vigilará la zona de recepción por si hubiese posibles grietas en el pavimento por el trasiego de maquinaria.
- **Medidas correctoras:** Estas medidas irán encaminadas a asegurar que los métodos empleados sean correctos, asimismo cobrará especial relevancia la revisión de las condiciones de limpieza y desinfección de las instalaciones.
- **Registros:** Se mantendrá registros de la frecuencia de limpieza de la zona de recepción y de todas las medidas correctoras que se efectúen.

Cribado

- **Peligros:** Los riesgos que puede haber en esta etapa es una posible contaminación por parte de la maquinaria empleada si no está en buen estado, mal funcionamiento, posibles obstrucciones y la presencia de inertes que no han llegado a separarse durante el procesado. La generación de bioaerosoles y COVs es un riesgo que sigue presente en esta etapa.
- **Medidas preventivas:** la principal medida preventiva consistirá en mantener buenas prácticas de manipulación e higiene por parte de los operarios y llevar un mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- **Límite crítico:** será necesario mantener buenas condiciones de manipulación y del estado de la máquina.
- **Vigilancia:** se realizará control visual de las operaciones. También se presentará atención al funcionamiento de los equipos de cribado y de transporte hasta la criba.
- **Medidas correctoras:** la principal medida que se aplicará será la corrección de las condiciones de trabajo. También será importante formar a los operarios en las pautas de cribado y en cuanto a la generación de bioaerosoles y COVs y revisar el plan de mantenimiento preventivo de los equipos.
- **Registros:** todas las medidas correctoras serán registradas y documentadas, así como las incidencias que se detecten durante los controles visuales.

Mezcla de los componentes y triturado de la paja

- **Peligros:** la realización de una buena mezcla de los componentes, supondrá una fermentación más homogénea, y por lo tanto, la obtención de un producto de calidad. En esta etapa de movimiento y mezcla de los componentes también se pueden producir bioaerosoles y COVs. La presencia de alguna pieza suelta procedente de la maquinaria perjudicaría la posterior fermentación.
- **Medidas preventivas:** las Buenas Prácticas de Manipulación (BPM) por parte de los

operarios y el estado satisfactorio de instalaciones, equipos, útiles y operarios, son medidas preventivas que se deberán tener en cuenta.

- Límite crítico: siempre realizar las mezclas en base a obtener un producto de calidad.
- Vigilancia: será de suma importancia realizar inspecciones de las mezclas ya realizadas para comprobar que puede iniciarse el proceso de fermentación aerobia sin ningún problema.
- Medidas correctoras: una de las medidas correctoras consistirá en mejorar las operaciones llevadas a cabo e incluso repetirlas si se considera oportuno.
- Registro: se registrarán y documentarán todas las medidas correctoras aplicadas. También se registrarán las acciones de formación realizadas por la empresa.

Transporte a silos de fermentación

- Peligros: el principal riesgo que existe en el transporte a los túneles es la compactación de la pila y la formación de bioaerosoles al mover el material.
- Medidas preventivas: la principal medida preventiva consistirá en llevar un control visual del material que se está trasladando para evitar amontonamientos y tener los equipos en buenas condiciones de uso.
- Límite crítico: se realizarán buenas prácticas de manipulación y mantenimiento idóneo de los equipos de transporte.
- Vigilancia: se vigilarán las condiciones de los equipos y útiles, así como el correcto manejo por parte de los operarios.
- Medidas correctoras: formación de los operarios y repetición del proceso si fuera necesario.
- Registros: todas las medidas correctoras serán registradas y documentadas. También se registrarán las acciones de formación realizadas por la empresa.

Fermentación

- Peligros: el mayor riesgo que puede haber en esta etapa es una parada de fermentación o que se produzca una fermentación anaerobia debido a la ausencia de oxígeno. Además se pueden generar COVs que deberán ser tratados por el buen funcionamiento del biofiltro.
- Medidas preventivas: llevar un control exhaustivo de los parámetros que dirigen la fermentación y controlar el buen funcionamiento de los sistemas de riego y ventilación. Se deberá controlar además el estado del biofiltro.
- Límite crítico: La ejecución de la fermentación se ajustará a las instrucciones de trabajo prestando atención al correcto funcionamiento de equipos y a las condiciones que requiera el proceso según el momento en el que se encuentre.
- Vigilancia: se realizará inspección visual y se realizarán pruebas periódicas para ver cómo va transcurriendo la fermentación y llevar un adecuado control de los parámetros.
- Medidas correctoras: se formará a los operarios en lo relativo al manejo de las operaciones y a las condiciones higiénicas. Se repararán o recambiarán los equipos si es necesario.
- Registros: se mantendrá registros del muestreo realizado en el control de operaciones y de las medidas correctoras que se adopten.

Transporte a zona de maduración

Una vez más se controlarán las actividades llevadas a cabo por los operarios para evitar la contaminación por la presencia de aerosoles.

Maduración

En esta etapa el producto está terminando de estabilizarse tanto higiénicamente como físicamente, no es una etapa donde se puedan producir verdaderos riesgos ya que las oscilaciones de temperaturas serán pequeñas llegando al final a tener la temperatura ambiente. El ataque por parte de microorganismos será prácticamente imposible porque no hay materia orgánica que descomponer.

Cribado

- Peligros: en esta etapa se pretende hacer más presentable el producto una vez fermentado y que tenga un tamaño de partícula adecuado. Los riesgos que puede haber en esta etapa son la formación de bioaerosoles y un procesamiento incorrecto que daría lugar a partículas con un diámetro inadecuado.
- Medidas preventivas: la principal medida preventiva consistirá en mantener buenas prácticas de manipulación por parte de los operarios.
- Límite crítico: el diámetro de la partícula se debe ajustar a las especificaciones legislativas. Su valor máximo será de 10 mm.
- Vigilancia: se realizará control visual de las operaciones. También se prestará atención al funcionamiento de los equipos de cribado y de transporte hasta la criba.
- Medidas correctoras: la principal medida que se aplicará será la corrección de las condiciones de trabajo. También será importante formar a los operarios en las pautas de cribado y de ajustar el tamaño de partícula.
- Registros: todas las medidas correctoras serán registradas y documentadas, así como las incidencias que se detecten durante los controles visuales.

Expedición del producto terminado

- Peligros: el riesgo mayor tendrá lugar por posibles contaminaciones debido a restos de materia orgánica sin fermentar en el camión. Otros riesgos a considerar será el transporte inadecuado a los lugares de venta que pueda causar la caída de material del camión.
- Medidas preventivas: plan de limpieza y desinfección adecuado. Vigilancia de las condiciones de transporte.
- Límite crítico: la higiene de los vehículos serán factores importantes para evitar contaminaciones.
- Vigilancia: deberá vigilarse la correcta aplicación de las condiciones de manipulación y distribución adecuada y del plan de limpieza y desinfección del camión.
- Medidas correctoras: corregir condiciones higiénicas y de distribución así como el programa de limpieza y desinfección.

5. BUENAS PRÁCTICAS HIGIÉNICAS

Los aspectos básicos para la realización de unas buenas prácticas higiénicas están vinculados a tres conceptos que se detallan a continuación:

5.1.- Salud e higiene del personal

La principal razón por la que los trabajadores deben cuidar su higiene durante la actividad del compostaje es velar por su propia salud, ya que en la planta se trabaja con materias que pueden contener patógenos para los humanos y por la presencia de bioaerosoles que se generan durante las labores de procesamiento del material.

La dirección del establecimiento deberá tomar medidas para que todas las personas que manipulen los productos reciban una instrucción adecuada y continuada en materia de manipulación higiénica e higiene personal.

Los hábitos higiénicos generales que deben realizar los propios manipuladores serán los siguientes:

- Empleo de ropa de trabajo adecuada distinta de la de calle. La ropa de trabajo se lavará con la periodicidad suficiente para mantenerla limpia.
- Uso de mascarillas cuando se estén realizando labores de procesado de la materia prima, especialmente las que requieren movimiento y mezcla de materiales. Las mascarillas serán de un solo uso.
- Cuando se utilicen guantes, éstos se mantendrán en perfectas condiciones de limpieza e higiene. Serán impermeables y resistentes a riesgos mecánicos.
- Está prohibido comer, beber o fumar en las áreas de procesamiento. Estas acciones pueden realizarse en las zonas de descanso.
- No tocarse nariz, boca, oídos etc., ya que son zonas a partir de las cuales se puede producir una infección.
- Limpieza del calzado antes de entrar al edificio de usos múltiples.
- Limpieza de manos con jabón y agua caliente al finalizar el trabajo. La posibilidad de contaminación del operario a través de las manos durante la actividad es muy elevada. Su limpieza sistemática reduce considerablemente los riesgos de contaminación. Así, al terminar la jornada de trabajo, deben lavarse los brazos, antebrazos y manos, y durante la jornada se lavarán las manos:
 - Antes de los descansos.
 - Antes de utilizar los servicios.
 - En cualquier momento en que se considere que se han contaminado las manos, sobre todo inmediatamente después de haber manipulado material.
- El tiempo para el aseo personal estará incluido en la jornada laboral. Para este fin, se destinarán diez minutos antes de la comida y otro diez antes de finalizar la jornada.

- Las heridas en las manos deberán estar cubiertas con un vendaje impermeable estanco y de color bien visible, cambiando el vendaje plástico tantas veces como sea necesario. No deberá permitirse la manipulación de productos a aquellos operarios que tengan heridas o lesiones sin protección. Tales personas podrán usar guantes para asegurar una protección eficaz.
- Los cortes, abrasiones y arañazos que pueda sufrir el operario deben desinfectarse inmediatamente después de que se hayan producido

Para que la higiene de los operarios sea la adecuada es necesario que la planta reúna una serie de condiciones:

- Existirán lavabos para lavarse y desinfectarse las manos y dispondrán de toallas de un solo uso. Deberán disponer de dispensadores de jabón y de sustancias desinfectantes. Además, se incluirán productos para la limpieza ocular y antisépticos para la piel.
- Se podrán colocar avisos en lugares bien visibles sobre la obligación y la importancia de la higiene personal.

En relación a la salud de los manipuladores el principal riesgo deriva principalmente de la exposición a agentes biológicos en forma de aerosoles (bioaerosoles). Distintos estudios han observado la aparición en estos trabajadores del denominado síndrome tóxico del polvo orgánico (ODTS) que se ha asociado con la exposición permanente en este tipo de instalaciones a una gran variedad de bacterias, sobretodo Gram negativo, hongos y endotoxinas que se pueden liberar al ambiente durante el proceso.

Este síndrome se caracteriza por la aparición en los trabajadores de dolor de cabeza, síntomas similares a los de una gripe (por ejemplo, fiebre) así como irritación de los ojos y del tracto respiratorio superior, fatiga, náuseas y diarrea. Estos síntomas pueden aparecer poco tiempo después de iniciar la jornada de trabajo y a menudo han desaparecido al día siguiente.

La formación y dispersión de bioaerosoles en plantas al aire libre es difícil de controlar y minimizar. Las medidas suelen estar basadas en aspectos tales como el diseño de la propia planta, la topografía del terreno y el entorno natural (Millner et al., 1994). Estos son aspectos que ya se han tratado en el presente trabajo. Sin embargo, existen una serie de recomendaciones propuestas para disminuir el impacto de los bioaerosoles (Millner et al., 1994; Environment Agency, 2001).

- Humedecer tanto los residuos como las zonas de tratamiento.
- Limpieza regular de las zonas de tratamiento y carreteras de acceso con barredoras y aspiradoras industriales para evitar la formación de polvo.
- Las operaciones de movimiento, triturado, y cribado de residuos deben ser evitadas en momentos de mucho viento.
- Estas operaciones deben realizarse cuando se prevea una dispersión y la dirección del viento minimice la dispersión hacia zonas habitadas.
- Muestreos regulares de bioaerosoles para establecer los niveles normales de exposición.
- Limitar y/o reducir el número de trabajadores expuestos.

En cuanto a los trabajadores, las medidas que se deberán tomar serán las siguientes:

- Limitar y/o reducir el número de trabajadores expuestos.
- Obligación de contar con un certificado médico que acredite, en el momento del inicio de la relación laboral que no existe ningún impedimento sanitario para la realización de su trabajo.
- Todo manipulador está obligado a comunicar de forma inmediata cualquier patología que sufra y que pueda representar un riesgo para su salud (p. ej: asma, alergias). Se le realizarán los exámenes médicos necesarios para detectar la posible patología.
- Se realizarán programas de vigilancia sanitaria y estudios epidemiológicos de los trabajadores para evaluar posibles afecciones por la exposición a aerosoles.
- Guantes impermeables y resistentes mecánicamente en operaciones que impliquen la manipulación de residuos y operaciones de limpieza.
- Promover el uso de sistemas de protección individual para los operarios y en vehículos móviles, como mascarillas autofiltrantes apropiadas contra bioaerosoles (preferentemente de tipo FFP3).
- Gafas ajustadas (tipo cazoleta).
- Información y formación. Asegurarse que los trabajadores conocen, mediante una información y formación adecuada y suficiente, los riesgos potenciales para su salud, las vías de entrada de los distintos agentes, las precauciones que deben tomar para prevenir esta exposición, las disposiciones en materia de higiene, y la utilización de ropa de trabajo y equipos de protección individual.

La responsabilidad del control de manipuladores recaerá sobre una persona, que preferentemente será personal del establecimiento y cuyas funciones estén separadas, en lo posible, de las de producción. Esta persona deberá tener conocimiento de la importancia de la contaminación debida a los manipuladores.

5.2.- Higiene de equipos y utensilios

El equipo seleccionado para la línea de procesado supone un componente importante sobre la capacidad para producir un compost de calidad y un trabajo seguro. Esta capacidad deriva predominantemente del fácil drenaje de los lixiviados, control de las operaciones, de la contaminación externa o derivada del propio equipo, seguridad de los operarios y de su eficacia en la operación. Es por ello que deben hacerse una serie de consideraciones:

- Las instalaciones de la planta de compostaje deben mantenerse en buenas condiciones, especialmente en las zonas donde se producen lixiviados. El pavimento no deberá presentar signos de deterioro, lo cual podría desembocar en un drenaje de los líquidos lixiviados y llegar a contaminar el suelo.
- Los equipos y utensilios en contacto con el compost o las materias primas han de mantenerse en buen estado de conservación, y se deben limpiar y desinfectar de acuerdo con lo establecido en el programa correspondiente.

- Los utensilios usados para la manipulación de materias primas no podrán entrar en contacto con los productos finales, a no ser que hayan sido limpiados y desinfectados previamente.
- Todas las superficies donde se manipulen materias primas se conservarán en perfecto estado y se limpiarán periódicamente, además de ser fáciles de limpiar. Deberán ser de un material impermeable, resistente a la corrosión, que no transmita sustancias tóxicas, y que sea capaz de resistir repetidas operaciones de limpieza y desinfección. Las instalaciones de la planta de compostaje deben mantenerse en buenas condiciones, especialmente en las zonas donde se producen lixiviados. Dentro de los materiales más apropiados que constituyen las instalaciones se encuentra el hormigón y para los equipos, el acero inoxidable. Deberá evitarse el uso de madera y otros materiales que no puedan limpiarse fácilmente y que sean absorbentes o sensibles a la corrosión.

5.3.- Higiene de locales

La elección de unas condiciones adecuadas en cada uno de los locales que están presentes en la planta de compostaje es una condición necesaria para un correcto funcionamiento de todos el proceso de transformación. Por este motivo deberán cumplir una serie de pautas:

- Los edificios de fermentación deberán ser de construcción sólida y habrán de mantenerse en buen estado. Deben ser estancos y contruidos de hormigón para evitar su deterioro.
- El almacén de maquinaria debe conservarse limpio y seco, debidamente acondicionado, estanco y protegido del exterior.
- Los locales deberán proyectarse de forma que permitan una limpieza fácil y adecuada, un buen control de la higiene.
- Se deberá limpiar regularmente con barredoras o aspiradoras las zonas de tratamiento y carreteras de acceso para evitar la dispersión de aerosoles.

6. PLAN DE FORMACIÓN DE LOS MANIPULADORES

El personal que trabaja en la planta y que manipula el compost y sus materias primas debe tomar consciencia de la importancia y repercusión que tiene el correcto desempeño de su labor, así como de su influencia en la calidad del producto final.

Los trabajadores pueden perjudicar la calidad del compost y, por tanto, producir efectos indeseables en el cultivo de destino, debido a un procesamiento incorrecto de los materiales.

Con este fin, se ha pretendido incluir la puesta en marcha de cursos de formación para los empleados de la planta de compostaje, donde una empresa competente les formará en diversos ámbitos como:

- Formación básica sobre el proceso de compostaje.
- Conducción eficiente de la pala cargadora.
- Consecuencias de sus actuaciones, como por ejemplo, qué ocurre si al formar la pila se comprime demasiado, limitaciones durante la fermentación debido a la presencia de impropios, problemas ambientales generados por la contaminación de lixiviados, importancia de una mezcla correcta de componentes, etc.
- Buen uso de los equipos y las instalaciones.

7. PROGRAMA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

Como se ha comentado con anterioridad, la planta de compostaje tiene como fin último obtener un producto de calidad y mantener una seguridad sobre el medio ambiente y sobre los trabajadores de la planta durante todo el proceso productivo. El no requerimiento de unas condiciones de esterilidad sobre el producto final tan estrictas como podría darse en una industria alimentaria, también va a condicionar las actuaciones de limpieza y desinfección.

Según el Reglamento (UE) no. 142/2011 de la Comisión, de 25 de febrero de 2011, por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) no. 1069/2009: *“los contenedores, recipientes y vehículos utilizados para el transporte de material no tratado deberán limpiarse y desinfectarse en una zona designada a tal efecto. Dicha zona estará situada o diseñada con el fin de prevenir el riesgo de contaminación de los productos transformados”*.

Según esto, se deberá llevar a cabo un proceso de desinfección a diario en el interior del camión que utilizará la planta.

El cuanto a las instalaciones y la maquinaria, el Reglamento obliga a su desinfección en otro tipo de actividades de manipulación y transformación de subproductos animales no destinados al consumo humano. Para el proceso de compostaje, bastará con mantenerlas limpias, realizando una simple labor de cepillado y/o retirada de restos de suciedad con agua a presión, y en buenas condiciones. Se podrá utilizar detergente en los casos en los que la suciedad esté muy adherida o en zonas de difícil acceso para los cepillos.

El lugar donde se realizarán estas labores será la zona de recepción. Se mantendrá la zona de recepción limpia y cuidada, ya que es el principal foco de ataque de animales e insectos. La maquinaria y el camión se desplazarán hasta allí a la hora de limpiarlos. Para ello existirá una toma de agua próxima y una red de saneamiento independiente para recoger las aguas sucias resultantes.

La materia prima que podría dar lugar a contaminación son los residuos de origen animal. Por ello, teniendo en cuenta la naturaleza de las materias se ha decidido utilizar desinfectantes de uso ganadero. Éstos son eficaces no sólo contra patógenos que pueden causar enfermedades, sino también contra roedores e insectos.

7.1.- Evaluación de la suciedad y las superficies que hay que higienizar

Se comenzará por conocer y evaluar cuál es el tipo de suciedad que se deposita en un determinado equipo así como la naturaleza del material del que está hecho dicho equipo. Ambas cosas, tipo de suciedad y material, determinarán la elección de los productos que se deben aplicar para la limpieza y desinfección.

Como se ha comentado toda la maquinaria está formada por acero inoxidable y las instalaciones pavimentadas con hormigón, por lo que queda identificar la composición química de la suciedad a la que habrá presente. En la planta de compostaje se tratarán materias primas de diferentes orígenes, con una naturaleza también diferente, por lo que nos podemos encontrar con varios componentes físico-químicos que suponen un foco de suciedad:

- Hidratos de carbono complejos como celulosas, hemicelulosas o xilosas.
- Proteínas.
- Lípidos.
- Compuestos hidrosolubles.
- Grasas.
- Polímeros orgánicos como la lignina y la celulosa.
- Componentes inorgánicos como minerales

Estos componentes se consideran dentro de la suciedad adherente, que son aquellas impurezas fijadas que precisan una acción mecánica o química para desprenderlos.

7.2.- Sistemas de limpieza y desinfección

La metodología utilizada será la siguiente en los casos en los que se precise limpieza:

- Prelavado: Se hará una primera limpieza mecánica mediante cepillos y/o escobas para eliminar los restos de suciedad visibles.
- Limpieza: Se llevará a cabo mediante agua a presión que ayudará a eliminar parte de la suciedad que se haya quedado adherida.
- Aplicación del detergente.
- Enjuague del detergente mediante agua a presión.

En cuanto a la desinfección del interior del camión, a continuación de estas actuaciones se deberán llevar a cabo las siguientes:

- Aplicación del desinfectante.
- Enjuague del desinfectante.

Elección del detergente

Para la elección de un detergente hay que tener en cuenta los componentes de la suciedad de que se trate nombrados anteriormente.

Las proteínas tienen una solubilidad variable en agua mientras que son muy solubles en soluciones alcalinas. Por tanto el detergente deberá ser alcalino con poder dispersante.

En el caso de las materias grasas, son insolubles en agua siendo de fácil limpieza con un detergente tensioactivo, por tanto las cualidades requeridas del detergente serán que tenga poder emulsionante y dispersante. Es conveniente que tenga distintos tipos de tensioactivos teniendo en cuenta la diversidad de la composición química que se desea eliminar.

El detergente seleccionado es “Previo Quat”, eficaz para todo tipo de instalaciones ganaderas y de la industria alimentaria. Tiene las siguientes características:

- Limpieza con espuma alcalina sin cloro.
- Combina tensioactivos no iónicos, aniónicos y anfotéricos.
- Adecuado para instalaciones ganaderas, medios de transporte, locales de todo tipo y para la limpieza de superficies y utensilios.
- Puede ser aplicado mediante cepillado, por inmersión, por pulverización o utilizando aparatos de lavado a presión.
- Modo de empleo: se utiliza diluido en agua a concentraciones de 0,5%-3% según la carga de suciedad presente. Tras dejarlo actuar unos minutos, aclarar la superficie con agua o un trapo húmedo.

Elección del desinfectante

En cuanto al desinfectante, se ha seleccionado “Sanitas Forte”, un producto que combina dos principios activos Glutaraldehído y Cloruro de Didecil Dimetil Amonio, que junto con la acción de los tensioactivos que contiene consigue una desinfección eficaz frente a virus, bacterias y hongos.

- Amplio espectro a dosis reducidas.
- Adecuado para la desinfección de locales, instalaciones, utensilios y vehículos de transporte.
- Es biodegradable.
- Puede ser aplicado mediante cepillado, por inmersión, por pulverización e incluso nebulización.
- Modo de empleo: se utiliza diluido en agua a concentraciones de 0,25%-0,3% para locales y recintos y de 0,5 % para medios de transporte. Aclarar con abundante agua pasados 15 minutos.

8. LUCHA CONTRA PLAGAS

Los insectos y roedores constituyen un peligro grave de alteración y contaminación, por lo que deberán realizarse medidas preventivas para impedir su presencia en la planta.

Se aplicará un programa de Desinsectación y Desratización establecido por el personal competente en la materia. El programa de lucha contra las plagas ha de ser eficaz y continuo, estará redactado por escrito y tendrá en cuenta los siguientes principios:

- Se deberán inspeccionar aquellas zonas que puedan ser posible foco de estos animales.
- La planta de compostaje y los alrededores se mantendrán limpios y libres de cualquier material que pudiera constituir un criadero de animales indeseables. Es conveniente eliminar la maleza y acumulo de objetos o basura en el perímetro de la industria que puedan servir de cobijo o lugar de cría tanto de insectos como de roedores.
- Las medidas de lucha que comprendan el tratamiento con agentes químicos, físicos o biológicos sólo deberán aplicarse bajo la supervisión directa del personal experto y cualificado de una empresa especializada o por el personal de la industria que conozca la utilización de plaguicidas y sus peligros potenciales.
- Insecticidas y raticidas deberán cumplir los requisitos establecidos por la legislación vigente (RD 3349/1983, de 30 de Noviembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico –Sanitaria para la fabricación, comercialización y utilización de plaguicidas), etiquetarse adecuadamente con un rótulo en el que se informe sobre su toxicidad y empleo, y almacenarse en zonas o locales separados de las materias primas, y preferiblemente cerrados con llave.
- Se recomienda que se lleven a cabo archivos y registros en los que se identifiquen las características de los productos utilizados (composición y forma de empleo), así como el responsable encargado, la periodicidad de aplicación y las áreas tratadas.

8.1.- Desinsectación

Los insectos tienen gran importancia en salud pública como reservorios y vectores de enfermedades transmisibles al hombre. Además, uno de los problemas que se originan en el tratamiento de residuos orgánicos es la lucha contra moscas y mosquitos. Los excrementos animales constituyen un medio excelente para su reproducción y desarrollo por lo que la zona más susceptible en este caso será la zona de recepción. Además de las actuaciones descritas anteriormente, los métodos y técnicas empleados que se deberán llevar a cabo serán:

- Evitar tiempos de espera demasiado prolongados. Los residuos se deben procesar lo más rápido posible. Esto, unido a unas condiciones de fermentación eficaces impiden el desarrollo de huevos, larvas y ninfas debido a las elevadas temperaturas que se alcanzan en esa etapa.

- Dispositivos con tubos fluorescentes que atraen a los insectos voladores hacia una rejilla electrificada. La luz atrae a los insectos, y éstos, mueren al contactar con la rejilla electrificada y caen en una bandeja colectora.

8.2.- Desratización

Los roedores son portadores de algunas enfermedades que se transmiten al ser humano. Incluso, en dicha faceta, son más peligrosos que los mosquitos. Pueden transmitir enfermedades como la de Weil, la triquinosis o fiebres. Los métodos que se llevarán a cabo para su prevención y eliminación serán:

- Métodos físicos, como el empleo de dispositivos de ultrasonidos o trampas colocadas en lugares estratégicos donde pueda presumirse el paso o presencia de estos animales.
- Métodos químicos, basados en el empleo de cebos con venenos agudos o crónicos.

9. VERIFICACIÓN

Por último, se debe llevar a cabo un plan seguimiento de los puntos de control para constatar que se están llevando a cabo correctamente. Por ello, se deberá verificar lo siguiente:

- Que se realiza el control previsto sobre los puntos críticos definidos en la guía.
- Que dicho control queda reflejado en los registros de forma correcta.
- Que en caso de existir una desviación de los valores establecidos se toman las medidas correctoras oportunas.
- Que las medidas correctoras oportunas quedan registradas.

Se debe llevar un control eficaz de los puntos de control críticos, la veracidad y fiabilidad de los registros y la eficacia de las medidas correctoras.

La veracidad y fiabilidad de los registros resulta básica porque constituyen la base documental que permite el control y la verificación del sistema por parte del personal de la empresa así como de las autoridades sanitarias, y porque además conforman el auténtico historial de un producto, al que habrá que remitirse en caso de surgir alguna eventualidad, para detectar posibles fallos en los procesos, controles realizados o en las medidas correctoras aplicadas. Para ello, los registros deben conservarse un mínimo de seis meses o hasta el fin de la vida comercial del producto en caso de ser ésta superior.

Finalmente no solo debe haberse controlado y registrado, sino además corregido, es decir, de haberse tomado una medida o acción correctora en aquellos casos en los que se hubiera detectado una desviación en algún punto crítico. Esas medidas correctoras debieron asegurar que se eliminaba el riesgo que podría haberse derivado de la falta de control en dicho punto crítico, quedando a su vez registradas cuantas medidas correctoras se tomen.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 7. OBRA CIVIL

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

INDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	1
2. BASES DE CÁLCULO	2
3. CÁLCULO DE LAS ACCIONES	4
3.1. Cálculo de las acciones permanentes	4
3.2. Cálculo de las acciones variables	4
4. COMPROBACIONES SOBRE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO.....	14
4.1. Combinación de acciones	14
4.2. Mayoración de acciones y comprobación de resistencia de las secciones	14
5. COMPROBACIONES SOBRE LAS CORREAS DE CUBIERTA	17
5.1. Comprobación a flexión de las correas (ELU)	18
5.2. Comprobación a deformación de las correas (ELS)	21
6. COMPROBACIONES SOBRE PILARES Y DINTELES	23
6.1. Comprobación a flexión de pilares y dinteles (ELU)	25
6.1.1. Comprobaciones ELU en pilares.....	29
6.1.2. Comprobaciones ELU en dinteles	42
6.2. Comprobación a deformación de las correas (ELS)	55
6.2.1. Comprobaciones ELS en pilares	56
6.2.2. Comprobaciones ELS en dinteles.....	56
7. RESUMEN DE LOS PERFILES ELEGIDOS.....	58
8. MEDICIÓN DEL ACERO TOTAL DEL EDIFICIO	59
9. CIMENTACIÓN	60
9.1. Comprobaciones geotécnicas de la cimentación	64
9.1.1. Hundimiento.....	64
9.1.2. Vuelco	66
9.1.3. Deslizamiento	66
9.1.4. Armadura.....	67
9.1.5. Anclaje.....	71
10. MEDICIÓN DEL ACERO Y DEL HORMIGÓN DE LA CIMENTACIÓN	72
11. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PRONTUARIO.....	73

1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Este anejo tiene como objetivo el diseño de los edificios para la fermentación de materia orgánica y el del almacén y taller de maquinaria de la planta de compostaje. Los tres edificios son idénticos. Sus características y dimensiones geométricas son las siguientes:

- Pórtico a 2 aguas.
- Luz: 17,4 metros.
- Largo: 23,1 metros.
- Altura a cabeza de pilar: 4,5 metros.
- Altura a cumbrera: 6 metros.

El cerramiento utilizado en las fachadas es muro de hormigón HA-25/P/20/ IIa N/mm² sin revestir, armado con mallazo electrosoldado de 150x150x6 mm, esmerado para dejar el hormigón visto, con tamaño máximo del árido de 20 mm.

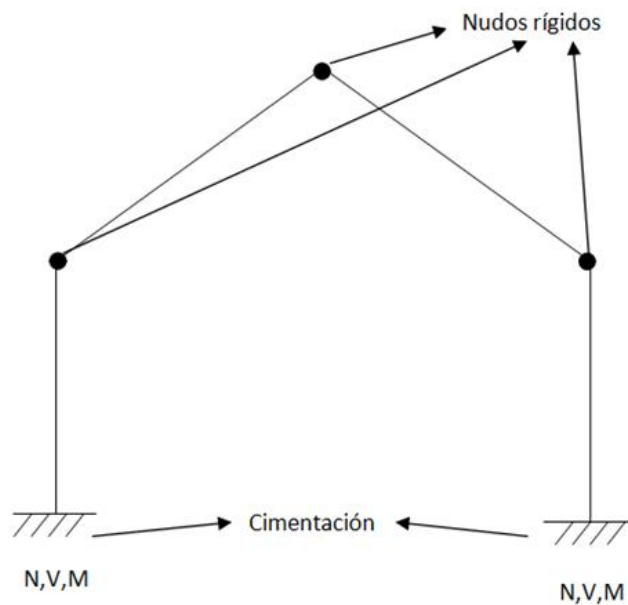
La cubrición de la cubierta se hará mediante panel sandwich de 50 mm de espesor total conformado con doble chapa de acero de 0,5 mm, perfil nervado tipo de Aceralia o similar, lacado a ambas caras y con relleno intermedio de espuma de poliuretano. El perfil está anclado a la estructura mediante ganchos o tornillos autorroscantes.

2. BASES DE CÁLCULO

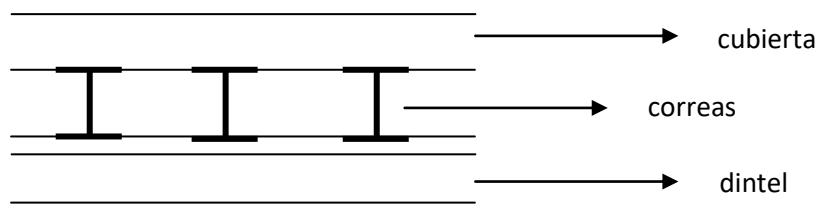
La estructura metálica de los edificios está formada por 6 pórticos biempotrados con zapatas aisladas debidamente arriostradas. Los perfiles elegidos son:

- Pilares: IPE-330
- Dinteles: IPE-330

Como la longitud del edificio es de 23,1 metros, la distancia entre pórticos será de 4,62 metros. El tipo de pórtico diseñado será un pórtico a dos aguas. Las uniones entre las barras, o nudos, serán rígidas, por lo que todos los esfuerzos se transmitirán de una barra a otra. Los apoyos con el terreno serán biempotrados, por lo que finalmente la estructura transmitirá esos esfuerzos a la cimentación. Teniendo en cuenta las dimensiones del edificio anteriormente citadas, la cubierta resulta con una pendiente de $9,78^\circ$.

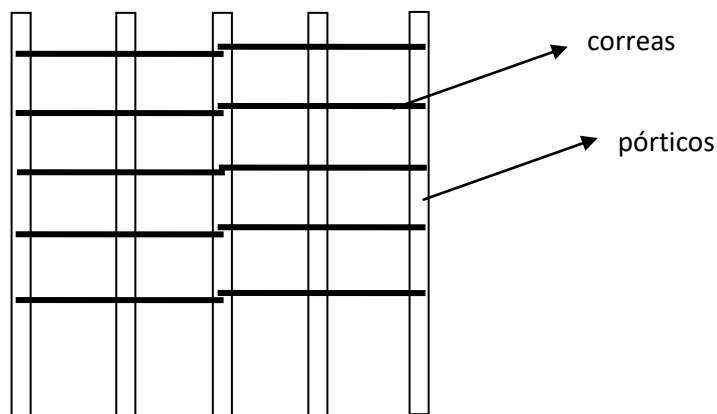
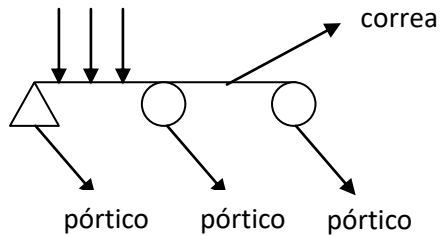


En la cubierta se dispondrán una serie de correas que recorren la nave longitudinalmente. Recogen el peso de la cubierta y ayudan a disminuir el pandeo.



PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

Las correas se modelizan como vigas apoyadas sobre los pórticos de cubierta. Serán de 2 vanos.



Se dispondrán 7 correas en cada faldón, 14 en total en toda la cubierta. Dejando una separación de 0,215 metros entre la primera correa y la cabeza de pilar y entre la última correa y la cumbre, la distancia entre las correas será de 1,4 metros.

La normativa considerada para el diseño de la estructura es:

- EHE-08 para el hormigón.
- CTE DB SE-A para perfiles de acero laminado.
- CTE DB SE-AE sobre acciones en la edificación.

El acero utilizado es acero S275 JR. Su límite elástico es de 275 N/mm^2 .

El software utilizado para el cálculo de las leyes de esfuerzos es: “Prontuario informático de estructuras metálicas y mixtas”.

3. CÁLCULO DE LAS ACCIONES

3.1. Cálculo de las acciones permanentes

Las cargas permanentes (CP) son aquellas que actúan en todo momento, manteniendo magnitud, dirección y sentido. Por lo general se consideran los pesos de los elementos que estamos considerando, más el peso de los elementos que tiene que soportar.

A la hora de estudiar los pilares y dinteles consideraremos el peso de todo el edificio. Se estima mediante el peso de todo el acero por metro cuadrado de superficie. El valor de CP en este caso será de 30 kg/m^2 .

Para el cálculo de las correas se tendrá en cuenta el peso propio de las correas y el peso de la cubierta, que en este caso está formada por un panel sándwich.

- Peso propio de las correas: 10 kg/m^2 .
- Peso del panel sándwich: 10 kg/m^2 .

Si hubiera un falso techo o varias plantas que soportan el peso de las instalaciones también habría que considerarlo.

3.2. Cálculo de las acciones variables

- **Sobrecarga de uso (SU)**

Se considera la sobrecarga que puede haber en la cubierta del edificio. Depende del tipo de cubierta que tengamos, la presencia de correas, falsos techos... Tiene en cuenta la posible sobrecarga que se pudiera dar en fase de construcción o mantenimiento.

Su valor se obtiene del Documento Básico SE-AE del Código Técnico de Edificación (CTE).

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ^{(4),(6)}	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

En este caso, la categoría de uso es "Cubiertas accesibles únicamente para conservación", y dentro de ella, la subcategoría "Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado)". Por lo tanto, el valor de SU es de 0,4kN/m².

- **Nieve (N)**

Se determina según la siguiente fórmula: $q_n = \mu * s_k$

donde,

μ : coeficiente de forma. Depende de la inclinación del faldón de la cubierta, ya que si es muy grande puede hacer que la nieve deslice. La pendiente de la nave es de 9,78°. Al ser menor que 30°, el valor de μ es 1.

s_k : carga básica de nieve. Depende de la situación geográfica de la nave.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación



Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Autol se encuentra en la zona de clima invernal 2. La altitud es de 458 metros, por lo que, haciendo la media entre los dos valores, le corresponde una carga básica de nieve de 0,65. Por lo tanto:

$$q_n = \mu * s_k = 1 * 0,65 = 0,65 \text{ kN/m}^2.$$

- Viento (V)**

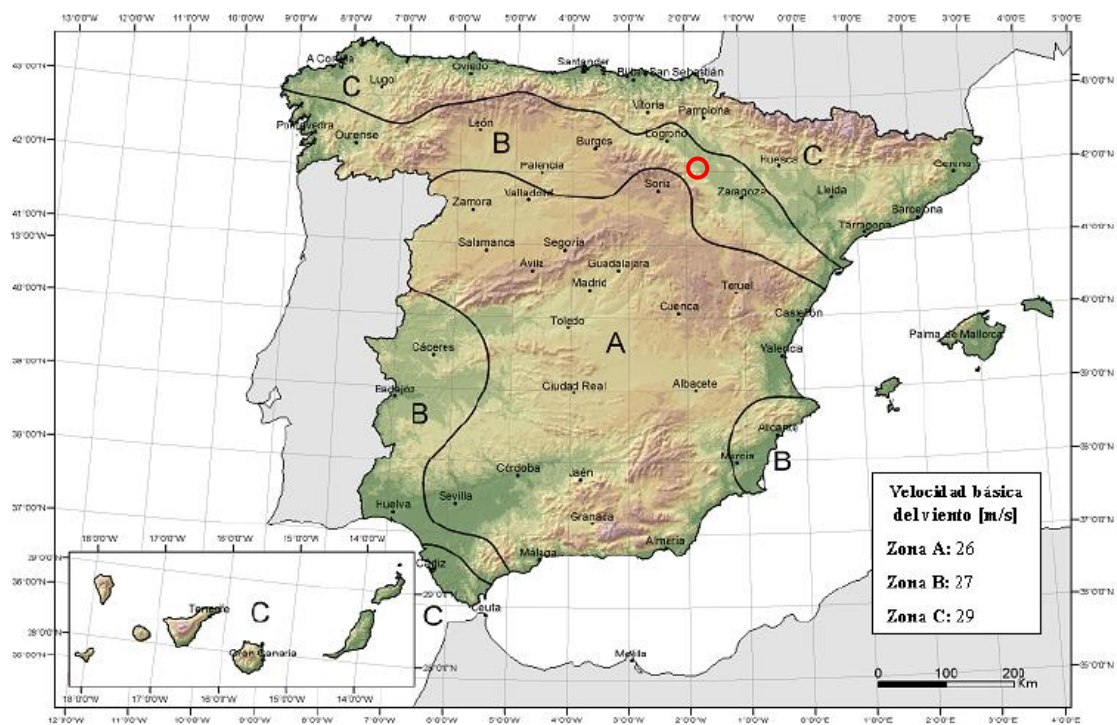
Se determina mediante la siguiente expresión: $v = q_b * c_e * c_p$

donde,

q_b : carga básica de viento. Depende de la situación geográfica del edificio.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación



Autol se encuentra en la zona B, a la cual le corresponde una carga básica de viento de $0,45 \text{ kN/m}^2$.

- c_e : coeficiente de exposición. Depende del grado de exposición del edificio. Se determina mediante el grado de aspereza del entorno y la altura a cumbrera.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

En este caso, el coeficiente de exposición es $1,4 \text{ kN/m}^2$.

- c_p : coeficiente de presión. Puede tomar diferentes valores según la dirección del viento y la zona del edificio que estemos considerando.

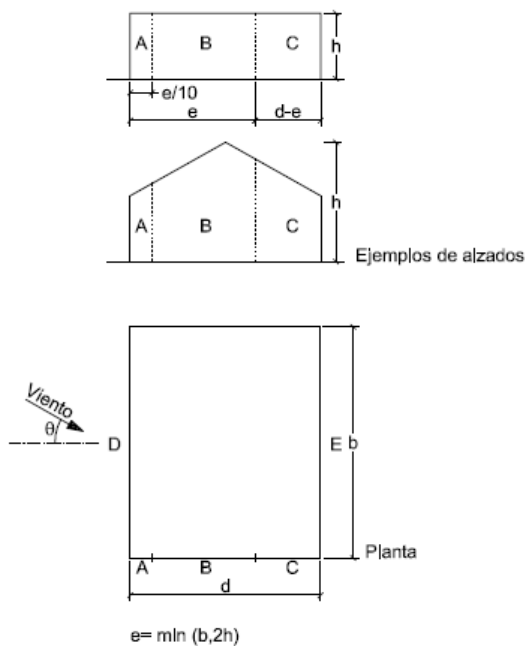
El CTE permite estudiar el efecto del viento en diferentes caras de la nave para hallar los coeficientes de presión.

CÁLCULO COEFICIENTES DE PRESIÓN EN LAS FACHADAS DE LA NAVE

El viento presenta 2 direcciones, que incidirán perpendicularmente sobre diferentes fachadas de la nave. Se deberá estudiar su efecto sobre las fachadas en las dos posibles situaciones ya que aparecerán coeficientes de presión diferentes.

- **Situación A**

La fachada D es la fachada de barlovento (sobre la que incide el viento) que, en la situación A, se corresponde con el lado largo de la nave: 23,1 metros.



Cálculo de las diferentes zonas de las fachadas:

$$e = \min(b, 2h) = 2h = 12 \text{ metros}$$

$$A = e/10 = 12/10 = 1,2 \text{ metros}$$

$$B = e - A = 12 - 1,2 = 10,8 \text{ metros}$$

$$C = d - e = 17,4 - 12 = 5,4 \text{ metros}$$

$$D = E = 23,1 \text{ metros}$$

Determinación de los coeficientes de presión en la situación A

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

$$A > 10\text{m}^2 ;$$

$$h/d = 6/17,4 = 0,345.$$

Tomando los valores medios de la relación h/b, los coeficientes de presión para las distintas caras de la nave serán:

A	B	C	D	E
-1,2	-0,8	-0,5	0,75	-0,4

*El signo significa la dirección que sigue el viento. Negativo: viento hacia fuera de la nave (succión). Positivo: viento hacia dentro de la nave (compresión)

Determinación de los valores de viento en las fachadas de la nave en la situación A:

$$V_A = 0,45 * 1,4 * 0,75 = 0,47 \text{ kN/m}^2 \text{ (fachada de barlovento).}$$

$$V_A = 0,45 * 1,4 * 0,4 = 0,25 \text{ kN/m}^2 \text{ (-) (fachada de sotavento).}$$

- Situación B

La fachada D es la fachada de barlovento (sobre la que incide el viento) que, en este caso, se corresponde con el lado corto de la nave: 17,4 metros.

Determinación de los coeficientes de presión en la situación B

A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

$$A > 10\text{m}^2 ;$$

$$h/d = 6/23,1 = 0,26.$$

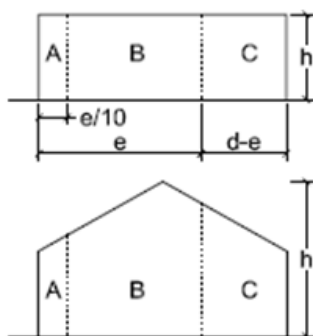
En este caso, tomaremos los valores que corresponden a una relación $h/d \leq 25$.

A	B	C	D	E
-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

Determinación de los valores de viento

El viento en las fachadas de barlovento y sotavento es el resultado del viento en 3 zonas, A, B y C. Conociendo la longitud que le corresponde a cada zona, se realiza un cálculo promedio para obtener el coeficiente de presión resultante que le corresponde a las fachadas y, a partir de él, se determina el valor del viento.

Cálculo de las diferentes zonas de la fachada:



$$A = e/10 = 12/10 = 1,2 \text{ metros}$$

$$B = e - A = 12 - 1,2 = 10,8 \text{ metros}$$

$$C = d - e = 23,1 - 12 = 11,1 \text{ metros}$$

$$D = E = 17,4 \text{ metros}$$

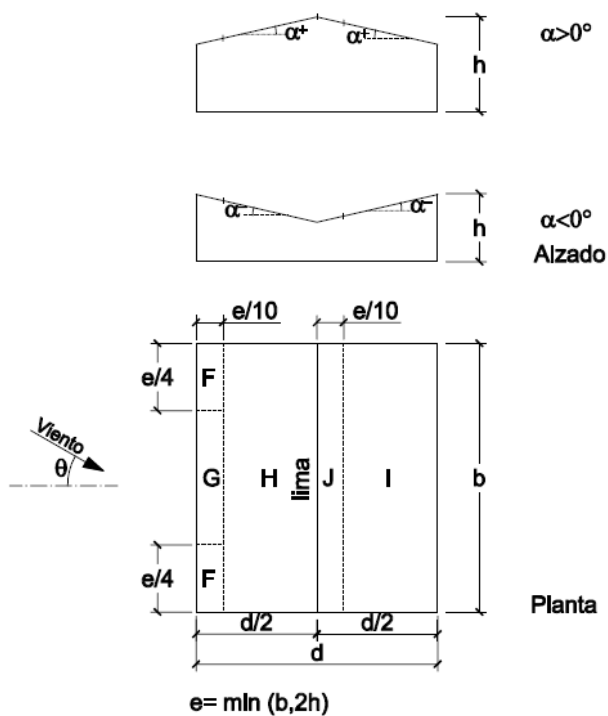
$$CP_{A,B,C} = \frac{(1,2 \cdot 1,2) + (0,8 \cdot 10,8) + (0,5 \cdot 11,1)}{1,2 + 10,8 + 11,1} = 0,67 \text{ (-)}$$

$$V_{A,B,C} = 0,45 \cdot 1,4 \cdot 0,67 = 0,42 \text{ kN/m}^2 \text{ (-)}.$$

CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE PRESIÓN DEN LA CUBIERTA

- Situación A

El viento incide perpendicularmente sobre el lado largo de la nave.



PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7 +0,0	-1,2 +0,0	-0,6 +0,0	-0,6	0,2 -0,6
	≤ 1	-2,5 +0,0	-2 +0,0	-1,2 +0,0	-0,6	0,2 -0,6
15°	≥ 10	-0,9 0,2	-0,8 0,2	-0,3 0,2	-0,4 +0,0	-1 +0,0
	≤ 1	-2 0,2	-1,5 0,2	-0,3 0,2	-0,4 +0,0	-1,5 +0,0
30°	≥ 10	-0,5 0,7	-0,5 0,7	-0,2 0,4	-0,4 0	-0,5 0
	≤ 1	-1,5 0,7	-1,5 0,7	-0,2 0,4	-0,4 0	-0,5 0
45°	≥ 10	-0,0 0,7	-0,0 0,7	-0,0 0,6	-0,2 +0,0	-0,3 +0,0
	≤ 1	-0,0 0,7	-0,0 0,7	-0,0 0,6	-0,2 +0,0	-0,3 +0,0
60°	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Sabiendo que $A > 10 \text{ m}^2$ y la pendiente es $9,78^\circ$, obtenemos los datos del coeficiente de presión en cubiertas, tomando los valores medios entre las pendientes 5° y 15° .

	F	G	H	I	J
A1	-1,3	-1	-0,45	-0,5	-0,4
A2	0,1	0,1	0,1	-0,3	-0,3

*F, G y H corresponden a un faldón. I y J corresponden al otro faldón

De las dos situaciones posibles que nos da la norma, nos quedamos con la más desfavorable, que es A2, ya que el viento A tiende a tumbar el edificio y en esa opción aparecen vientos que contribuyen a esa acción.

Coeficiente de presión en el faldón izquierdo: 0,1

Viento en el faldón izquierdo: $0,45 * 1,4 * 0,1 = 0,06 \text{ kN/m}^2$.

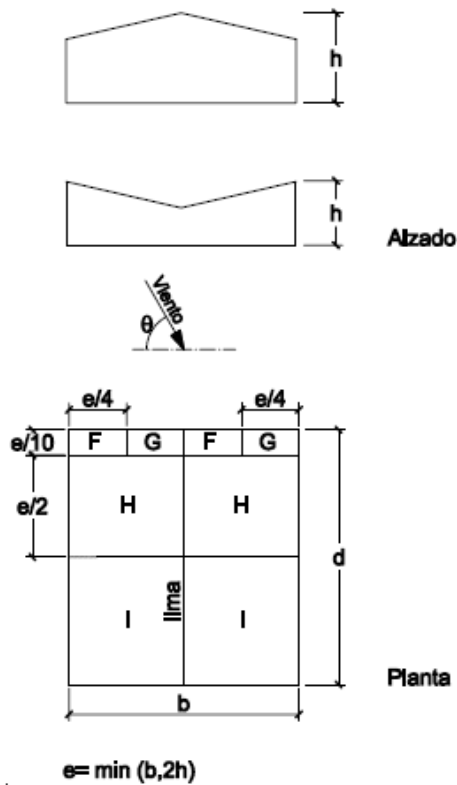
Coeficiente de presión en el faldón izquierdo: - 0,3

Viento en el faldón izquierdo: $0,45 * 1,4 * 0,3 = 0,2 \text{ kN/m}^2 (-)$.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

- Situación B.

El viento incide perpendicularmente sobre el lado corto de la nave.



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	≥ 10	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	≥ 10	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	≥ 10	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	≥ 10	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Sabiendo que $A > 10 \text{ m}^2$ y la pendiente es $9,78^\circ$, obtenemos los datos del coeficiente de presión en cubiertas.

F	G	H	I
-1,45	-1,3	-0,65	-0,3

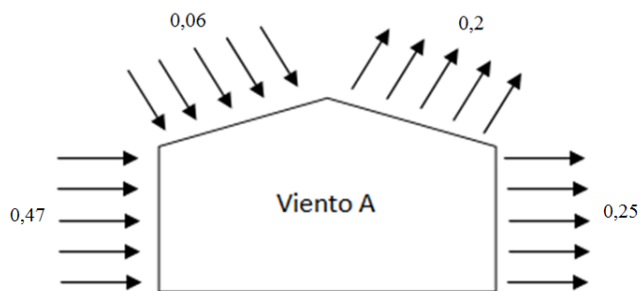
PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

Nos quedamos con las zonas H e I porque son las que más extensión suponen en la cubierta. Entre esas dos, la que es más desfavorable es H.

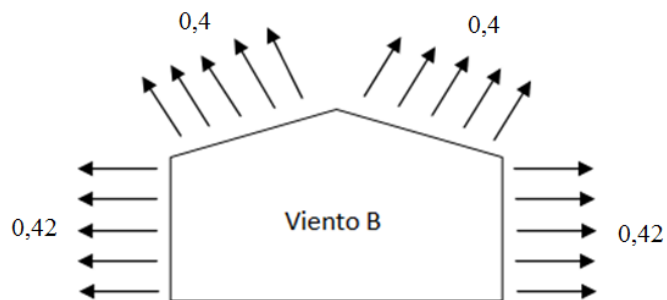
Coeficiente de presión en la cubierta: -0,65

Viento en el faldón izquierdo: $0,45 * 1,4 * 0,65 = 0,4 \text{ kN/m}^2 (-)$.

A modo de resumen, el viento en las caras exteriores de la nave se muestra gráficamente:



El viento A tiende a "tumbar" el edificio.



El viento B tiende a "abrir" el edificio.

4. COMPROBACIONES SOBRE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO

4.1. Combinación de acciones

Para determinar el efecto que provocan las cargas cuando actúan simultáneamente, el CTE da unos coeficientes de simultaneidad que se aplican a cada una de las cargas variables.

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Los coeficientes de simultaneidad correspondientes según el caso concreto son:

$$\begin{aligned}\Psi_{SU} &= 0 \\ \Psi_{nieve} &= 0,5 \\ \Psi_{viento} &= 0,6\end{aligned}$$

4.2. Mayoración de acciones y comprobación de resistencia de las secciones

En el caso de las comprobaciones ELS, se trata de una serie de condiciones que deben cumplir las barras para evitar su rotura. Las cargas se deben mayorar previamente para obtener mayor seguridad en la estabilidad del edificio. La EAE establece unos coeficientes de seguridad dependiendo del tipo de acción que se esté considerando:

Tipo de acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente (G)	$\gamma_G = 1$	$\gamma_G = 1,35$
Variable (Q)	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,5$

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

Las comprobaciones ELS aseguran que el servicio que ofrece la estructura no se vea perjudicado. Para realizar estas comprobaciones, la EAE y el CTE establecen unos coeficientes de seguridad dependiendo del tipo de acción que se esté considerando:

Tipo de acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente (G)	$\gamma_G=1$	$\gamma_G=1$
Variable (Q)	$\gamma_Q=0$	$\gamma_Q=1$

La fórmula que se sigue para combinar las acciones es la siguiente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Según esto, las combinaciones resultantes para las comprobaciones de ELU serán:

Combinación I: Considerando la nieve como carga variable principal y tomando el V_A .
 $1,35 * CP + 1,5 * N + (0 * 1,5 * SU + 0,6 * 1,5 * V_A)$

Combinación II: Considerando la nieve como carga variable principal y tomando el V_B .
 $1,35 * CP + 1,5 * N + (0 * 1,5 * SU + 0,6 * 1,5 * V_B)$

Combinación III: Considerando la sobrecarga de uso como carga variable principal y tomando el V_A .
 $1,35 * CP + 1,5 * SU + (0,5 * 1,5 * N + 0,6 * 1,5 * V_A)$

Combinación IV: Considerando la sobrecarga de uso como carga variable principal y tomando el V_B .
 $1,35 * CP + 1,5 * SU + (0,5 * 1,5 * N + 0,6 * 1,5 * V_B)$

Combinación V: Considerando el viento A como la carga variable principal
 $1,35 * CP + 1,5 * V_A + (0 * 1,5 * SU + 0,5 * 1,5 * N)$

Combinación VI: Considerando el viento B como la carga variable principal
 $1 * CP + 1,5 * V_B + (0 * 0 * SU + 0,5 * 0 * N)$

Las combinaciones para las comprobaciones de ELS serán:

Combinación I: Considerando la nieve como carga variable principal y tomando el V_A .

$$1 * CP + 1 * N + (0 * 1,5 * SU + 0,6 * 1 * V_A)$$

Combinación II: Considerando la nieve como carga variable principal y tomando el V_B .

$$1 * CP + 1 * N + (0 * 1,5 * SU + 0,6 * 1 * V_B)$$

Combinación III: Considerando la sobrecarga de uso como carga variable principal y tomando el V_A .

$$1 * CP + 1 * SU + (0,5 * 1 * N + 0,6 * 1 * V_A)$$

Combinación IV: Considerando la sobrecarga de uso como carga variable principal y tomando el V_B .

$$1 * CP + 1 * SU + (0,5 * 1 * N + 0,6 * 1 * V_B)$$

Combinación V: Considerando el viento A como la carga variable principal

$$1 * CP + 1 * V_A + (0 * 1,5 * SU + 0,5 * 1 * N)$$

Combinación VI: Considerando el viento B como la carga variable principal

$$1 * CP + 1 * V_B + (0 * 0 * SU + 0,5 * 0 * N)$$

5. COMPROBACIONES SOBRE LAS CORREAS DE CUBIERTA

Datos iniciales:

Peso propio de las correas: 10 kg/m^2 .

Peso del panel sándwich: 10 kg/m^2 .

Acciones de cálculo que afectan a las correas de cubierta:

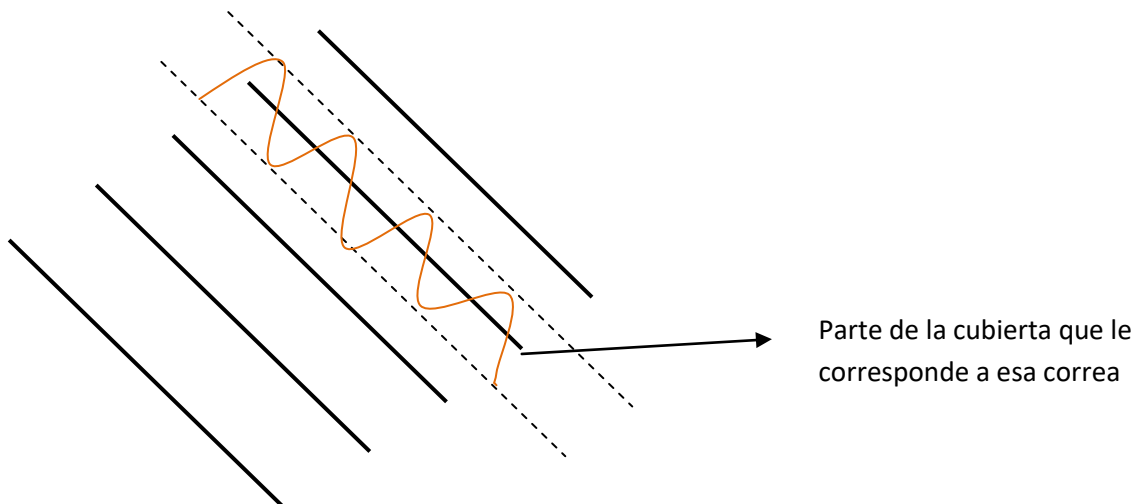
$$CP = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$N = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

$$SU = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$V_A = 0,06 \text{ kN/m}^2$$

$$V_B = 0,4 \text{ kN/m}^2 \text{ (-)}$$



La parte de cubierta que le corresponde a cada correa y, por lo tanto, sobre la que tiene que ejercer su efecto, se corresponde con la distancia entre correas. Dejando una distancia en los bordes de la cubierta de 0,215 metros y colocando un total de 14 correas en toda la cubierta (7 en cada faldón), la separación que tiene que haber entre las correas es de 1,4 metros. Por lo tanto, la distancia lineal que le corresponde a cada acción será:

$$CP = 0,2 \text{ kN/m}^2 * 1,4 \text{ metros} = 0,28 \text{ kN/m}$$

$$N = 0,65 \text{ kN/m}^2 * 1,4 \text{ metros} = 0,91 \text{ kN/m}$$

$$SU = 0,4 \text{ kN/m}^2 * 1,4 \text{ metros} = 0,56 \text{ kN/m}$$

$$V_A = 0,06 \text{ kN/m}^2 * 1,4 \text{ metros} = 0,08 \text{ kN/m}$$

$$V_B = 0,4 \text{ kN/m}^2 * 1,4 \text{ metros} = 0,56 \text{ kN/m (-)}$$

Las correas están sobre la cubierta, por lo que tendrán la misma inclinación que ella. Las acciones son perpendiculares a la superficie terrestre, es decir, gravitatorias, excepto el viento que es perpendicular a las caras del edificio. Por ello, CP, N y SU tendrán que descomponerse en ejes paralelos y perpendiculares al plano de la cubierta para poder realizar los cálculos con ellas. Los vientos, en cambio, solo tendrán componente en z.

	qz (q*coseno 9,78) (kN/m)	qy (q*seno 9,78) (kN/m)
CP	0,27	0,05
N	0,9	0,15
SU	0,55	0,09
V_A	0,08	
V_B	-0,56	

5.1. Comprobación a flexión de las correas (ELU)

Combinación de acciones en el eje z:

- I) $1,35 * 0,27 + 1,5 * 0,9 + (0 * 1,5 * 0,55 + 0,6 * 1,5 * 0,08) = 1,79 \text{ kN/m.}$
 II) $1,35 * 0,27 + 1,5 * 0,9 + (0 * 1,5 * 0,55 + 0,6 * 1,5 * -0,56) = 1,21 \text{ kN/m.}$
 III) $1,35 * 0,27 + 1,5 * 0,55 + (0,5 * 1,5 * 0,9 + 0,6 * 1,5 * 0,08) = 1,94 \text{ kN/m.}$
 IV) $1,35 * 0,27 + 1,5 * 0,55 + (0,5 * 1,5 * 0,9 + 0,6 * 1,5 * -0,56) = 1,36 \text{ kN/m.}$
 V) $1,35 * 0,27 + 1,5 * 0,08 + (0 * 1,5 * 0,55 + 0,5 * 1,5 * 0,9) = 1,16 \text{ kN/m.}$
 VI) $1 * 0,27 + 1,5 * -0,56 + (0 * 0 * 0,55 + 0,5 * 0 * 0,9) = -0,57 \text{ kN/m.}$

La situación más desfavorable es la combinación 3, por lo que: $qz = 1,84 \text{ kN/m.}$

Combinación de acciones en el eje y:

Es necesario hacerla solo con la combinación más desfavorable del caso anterior, es decir, la 3.

$$qy = 1,35 * 0,05 + 1,5 * 0,09 + (0,5 * 1,5 * 0,15) = 0,31 \text{ kN/m.}$$

A partir de estas cargas se obtienen las solicitaciones:

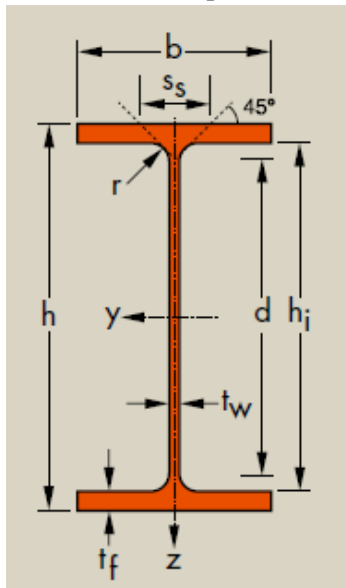
En el modelo de correas de 2 vanos: $M_{\text{máx}} = 0,125 * q * l^2$. Por lo tanto:

$$My = 0,125 * qz * l^2 = 0,125 * 1,94 * 4,62^2 = 5,18 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Mz = 0,125 * qy * l^2 = 0,125 * 0,31 * 4,62^2 = 0,83 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El tipo de perfil que se utilizará en las correas será un IPE-120, acero S-275 JR

Dimensiones del perfil:



$h = 120 \text{ mm}$
 $b = 64 \text{ mm}$
 $t_w = 4,4 \text{ mm}$
 $t_f = 6,3 \text{ mm}$

Tabla con las características propias del perfil obtenida del catálogo:

	I_y (mm ⁴)	I_z (mm ⁴)	W_{plz} (mm ³)	W_{ply} (mm ³)
IPE120	318*10 ⁴	27,7*10 ⁴	13,6*10 ³	60,7*10 ³

Determinación de la clase de sección del perfil

h (mm)	IPE						IPN						UPN					
	S235		S275		S355		S235		S275		S355		S235		S275		S355	
	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M
80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
120	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
140	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
160	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
180	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
200	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
220	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
240	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
260							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
270	2	1	2	1	3	1												
280							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
300	2	1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
320							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
330	2	1	3	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
340							1	1	1	1	1	1						
350													1	1	1	1	1	1
360	2	1	3	1	4	1	1	1	1	1	1	1						
380							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
400	3	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1						
450	3	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1						
500	3	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1						
550	4	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1						
600	4	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1						

La h son 120 mm. Un perfil IPE, acero S-275 se corresponde con la clase 1 para las comprobaciones con el axil y con el momento.

Para que las correas soporten las cargas a flexión, deben cumplir la siguiente condición:

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

Para la clase 1 la fórmula que se utiliza en el cálculo es:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

Como se debe hacer la comprobación en los dos ejes, la fórmula que resulta finalmente es:

$$\frac{MEdy}{\frac{Wply * fy}{\gamma_{M0}}} + \frac{MEDz}{\frac{Wplz * fy}{\gamma_{M0}}} \leq 1$$

$$\frac{5,18 \text{ kN} \cdot \text{m}}{\frac{60,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2}{1,05}} + \frac{0,83 \text{ kN} \cdot \text{m}}{\frac{13,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2}{1,05}} \leq 1$$

$$0,33 + 0,23 \leq 1$$

Esto significa que el momento flector en y (o las cargas en z) está agotando el 33% de la resistencia del material. El momento en el eje z agota el 23%. Este comportamiento es lógico, ya que el eje z del perfil es el eje fuerte, y el y el débil. Los perfiles IPE trabajan bien a flexión solo en un eje.

$0,56 \leq 1 \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a flexión.

5.2. Comprobación a deformación de las correas (ELS)

Ya se conoce la combinación más desfavorable a flexión. Así que calcularemos la deformación en esa misma combinación para los 2 ejes:

$$qz = 1 * 0,27 + 1 * 0,55 + (0,5 * 1 * 0,9 + 0,6 * 1 * 0,08) = 1,32 \text{ kN/m}$$

$$qy = 1 * 0,05 + 1 * 0,09 + (0,5 * 1 * 0,15) = 0,21 \text{ kN/m}$$

El cálculo de la flecha para una viga de dos vanos se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\delta z = k_3 * qz * \frac{s^4}{Iy}$$

$$\delta y = k_3 * qy * \frac{s^4}{Iz}$$

$$\delta z = 2,48 * 1,32 \text{ kN/m} * \frac{(4,62 \text{ m})^4}{318 \text{ cm}^4} = 4,69 \text{ mm}$$

$$\delta y = 2,48 * 0,21 \text{ kN/m} * \frac{(4,62 \text{ m})^4}{27,7 \text{ cm}^4} = 8,56 \text{ mm}$$

Cálculo de la flecha máxima:

$$\delta_T = \sqrt{\delta_z^2 + \delta_y^2} = \sqrt{4,69^2 + 8,56^2} = 9,76 \text{ mm}$$

La limitación a la flecha que impone la norma es: $L/300$, siendo L la longitud del vano de la correa. Por lo tanto: $4620\text{mm}/300 = 15,4 \text{ mm}$

$9,76 \text{ mm} < 15,4 \text{ mm} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a deformación.

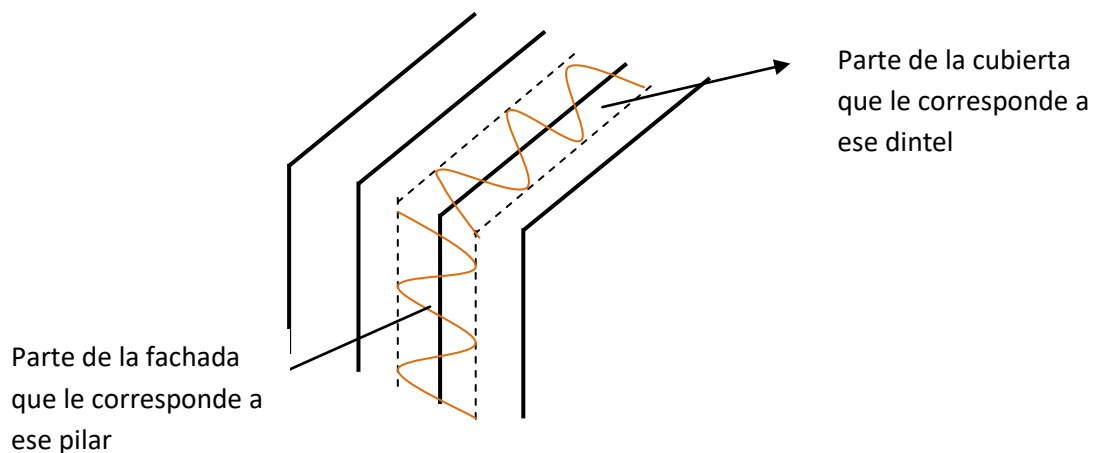
6. COMPROBACIONES DE PILARES Y DINTELES

Los pilares y dinteles tienen que soportar las diferentes cargas que actúan sobre el edificio.

Los dinteles están en la cubierta, así que tienen que soportar todas las cargas y además el efecto del viento de cubierta.

Los pilares se encuentran en las fachadas laterales, así que únicamente el viento ejerce su efecto sobre ellos.

Al igual que se hizo con las correas, hay que considerar la parte de edificio que le corresponde a cada barra y sobre la que, por tanto, cada acción ejerce su influencia. Esa distancia en este caso es la distancia entre pórticos. Por ello, todas las cargas se multiplican por 4,62 metros.



Para este caso, la distancia lineal que le corresponde a cada acción será:

$$\text{CP: } 0,3 \text{ kN/m}^2 * 4,62\text{m} = 1,38 \text{ kN/m.}$$

$$\text{SU: } 0,4 \text{ kN/m}^2 * 4,62\text{m} = 1,85 \text{ kN/m.}$$

$$\text{N: } 0,65 \text{ kN/m}^2 * 4,62\text{m} = 3 \text{ kN/m.}$$

En el caso del viento, el valor es diferente según la cara que se esté considerando:

Viento en las cubiertas (solo afecta a dinteles)

$$V_A \text{ faldón izquierdo: } 0,06 \text{ kN/m}^2 * 4,62\text{m} = 0,28 \text{ kN/m.}$$

$$V_A \text{ faldón derecho: } 0,2 \text{ kN/m}^2 * 4,62\text{m} = 0,92 \text{ kN/m.}$$

$$V_B \text{ faldón izquierdo: } 0,4 \text{ kN/m}^2 * 4,62\text{m} = 1,85 \text{ kN/m.}$$

$$V_B \text{ faldón derecho: } 0,4 \text{ kN/m}^2 * 4,62\text{m} = 1,85 \text{ kN/m.}$$

Viento en las fachadas (solo afecta a pilares):

$$V_A \text{ fachada izquierda: } 0,47 \text{ kN/m}^2 * 4,62\text{m} = 2,17 \text{ kN/m.}$$

$$V_A \text{ fachada derecha: } 0,25 \text{ kN/m}^2 * 4,62\text{m} = 1,15 \text{ kN/m.}$$

$$V_B \text{ fachada izquierda: } 0,42 \text{ kN/m}^2 * 4,62\text{m} = 1,94 \text{ kN/m.}$$

$$V_B \text{ fachada derecha: } 0,42 \text{ kN/m}^2 * 4,62\text{m} = 1,94 \text{ kN/m.}$$

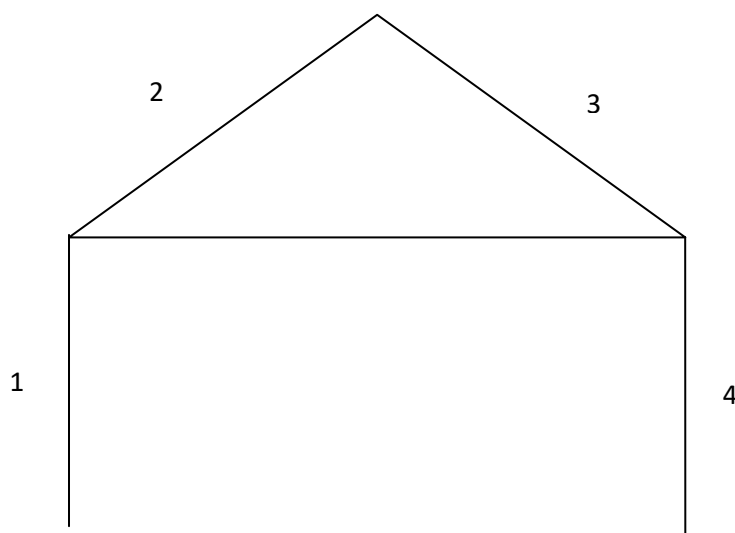
Para poder determinar los axiles, cortantes y momentos flectores que son el resultado de la combinación de todas las cargas que tiene que soportar el edificio se ha utilizado el software “Prontuario informático de estructuras metálicas y mixtas”.

Una vez calculados, se seleccionan los máximos valores, y con ellos, se dimensionan los pilares y dinteles, comprobando que cumplen con todas las especificaciones que impone la normativa.

6.1. Comprobación a flexión de pilares y dinteles

Se trata de una serie de condiciones que deben cumplir las barras para evitar su rotura. En este caso, las cargas se deben mayorar previamente para obtener mayor seguridad en la estabilidad del edificio.

El resultado de las cargas mayoradas (en kN/m) que afectan a cada barra se muestra a continuación:



Combinación I:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1				1,95	
2	1,86	4,5		0,25	
3	1,86	4,5		0,83	
4				1,03	

Combinación II:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1					1,75
2	1,86	4,5			1,66
3	1,86	4,5			1,66
4					1,75

Combinación III:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1				1,95	
2	1,86	2,25	2,77	0,25	
3	1,86	2,25	2,77	0,83	
4				1,03	

Combinación IV:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1					1,75
2	1,86	4,5	2,77		1,66
3	1,86	4,5	2,77		1,66
4					1,75

Combinación V:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1				3,25	
2	1,86	2,25		0,42	
3	1,86	2,25		1,38	
4				1,72	

Combinación VI:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1					2,91
2	1,38				2,77
3	1,38				2,77
4					2,91

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

Los resultados de las leyes de esfuerzos obtenidos con el software fueron los siguientes:

Esfuerzos más desfavorables en pilares (barras 1 y 4) en la combinación de acciones I:

N	V	M
-62,516 kN	-59,956 kN	M: 144,931 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles (barras 2 y 3) en la combinación de acciones I:

N	V	M
-63,239 kN	-55,321 kN	-114,442 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en pilares (barras 1 y 4) en la combinación de acciones II:

N	V	M
-41,710 kN	48,086 kN	106,521 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles (barras 2 y 3) en la combinación de acciones II:

N	V	M
-46,680 kN	-40,161 kN	-92,114 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en pilares (barras 1 y 4) en la combinación de acciones III:

N	V	M
-67,851 kN	-64,572 kN	155,778 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles (barras 2 y 3) en la combinación de acciones III:

N	V	M
-68,569 kN	-59,937 kN	-124,368 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en pilares (barras 1 y 4) en la combinación de acciones IV:

N	V	M
-52,066 kN	52,706 kN	117,383 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles (barras 2 y 3) en la combinación de acciones IV:

N	V	M
-52,011 kN	-44,777 kN	-102,040 kN·m

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

Esfuerzos más desfavorables en pilares (barras 1 y 4) en la combinación de acciones V:

N	V	M
-37,641 kN	-42,358 kN	106,272 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles (barras 2 y 3) en la combinación de acciones V:

N	V	M
-38,897 kN	-34,618 kN	-66,924 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en pilares (barras 1 y 4) en la combinación de acciones VI:

N	V	M
16,377 kN	-14,567 kN	22,441 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles (barras 2 y 3) en la combinación de acciones VI:

N	V	M
18,464 kN	14,578 kN	23,131 kN·m

De todas ellas, se seleccionan las más desfavorables dentro de las 6 combinaciones y se hacen las comprobaciones con ellas:

Esfuerzos más desfavorables en pilares:

N	V	M
-67,851 kN	-64,572 kN	155,778 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles:

N	V	M
-68,569 kN	-59,937 kN	-124,368 kN·m

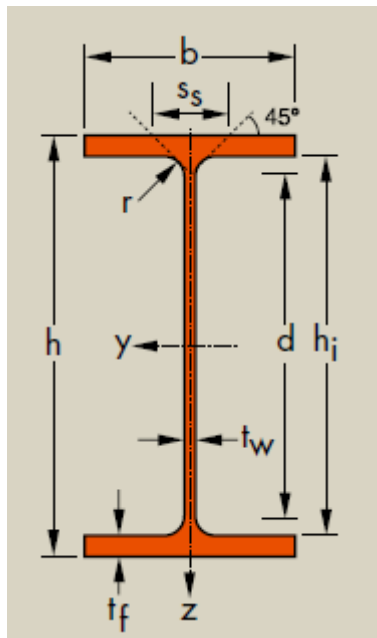
6.1.1. Comprobaciones ELU en pilares

Los pilares se dimensionarán para el valor de los esfuerzos mayores que tienen que soportar:

N	V	M
-67,851 kN	-64,572 kN	155,778 kN·m

El perfil seleccionado para estas barras es: IPE-330, acero: S-275 JR

Dimensiones del perfil:



$h = 330 \text{ mm}$
 $b = 160 \text{ mm}$
 $t_w = 7,5 \text{ mm}$
 $t_f = 11,5 \text{ mm}$

Tabla con las características propias del perfil obtenida del catálogo:

	I_y (mm ⁴)	I_z (mm ⁴)	i_y (mm)	i_z (mm)	A (mm ²)	W_{plz} (mm ³)	W_{ply} (mm ³)	A_v (mm ²)	I_T (mm ⁴)	I_w (mm ⁶)
IPE330	11770*10 ⁴	788*10 ⁴	13,7*10	3,55*10	62,6*10 ²	154*10 ³	804*10 ³	30,8*10 ²	28,2*10 ⁴	199*10 ⁶

1. Determinación de la clase de sección del perfil.

La h son 330 mm. Para un perfil de estas características, le corresponde una clase 3 para las comprobaciones con N y clase 1 para las M.

2. Determinación de la resistencia del acero.

La $t \leq 16$. Para un acero de este tipo, la tensión de límite elástico vale 275 N/mm^2 .

3. Comprobación a compresión.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$N_{ed} \leq N_{c,Rd}$$

donde:

N_{Ed} es el axil máximo debido a las acciones, es decir: 67,851 kN.

$N_{c,Rd}$ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{62,6 \times 10^2 (\text{mm}^2) * 275 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{1,05} = 1639523,81 \text{ N}$$

$67,851 \text{ kN} \leq 1639,52 \text{ kN} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a compresión

4. Comprobación a flexión.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$M_{ed} \leq M_{c,Rd}$$

donde:

M_{Ed} es el momento máximo debido a las acciones, es decir: 155,778 kN.

$M_{c,Rd}$ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{804 \times 10^3 (\text{mm}^3) * 275 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{1,05} = 210571428,6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$155,778 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq 210,57 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a flexión

5. Comprobación a compresión más flexión.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{ed,y}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

Entonces:

$$\frac{67,851 \text{ kN}}{1639,52 \text{ kN}} + \frac{155,778 \text{ kN} \cdot \text{m}}{210,57 \text{ kN} \cdot \text{m}} \leq 1$$

$$0,041 + 0,74 = 0,78$$

Esto significa que la compresión está agotando el 4,1% de la resistencia del material. La flexión, en cambio, agota un porcentaje mucho más pequeño, 74%.

$0,78 \leq 1 \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a compresión más flexión

6. Comprobación a cortante.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$V_{ed} \leq V_{pl,Rd}$$

donde:

V_{Ed} es el cortante máximo debido a las acciones, es decir: 64,572 kN.

$V_{pl,Rd}$ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{Mo}} = \frac{30,8 * 10^2 \text{ mm}^2 * \left(\frac{275 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{3}}\right)}{1,05} = 465729,2 \text{ N}$$

$64,572 \text{ kN} \leq 465,73 \text{ kN} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a cortante

7. Comprobación a flexión más cortante.

Si: $V_{Ed} < 50\% * V_{pl,Rd} \rightarrow$ No es necesario hacer la comprobación

$$64,572 \text{ kN} < 50\% * 465,73 \text{ kN};$$

$64,572 \text{ kN} < 232,8 \text{ kN} \rightarrow$ Sí cumple, por lo que no es necesario hacer la comprobación

8. Comprobación a pandeo.

Primeramente, hay que decidir si el pórtico que se va a desarrollar es traslacional o intraslacional.

- Estructuras traslacionales: se deforman lateralmente. Los nudos tienen una posición fija.

- Estructuras intraslacionales: no sufren desplazamientos laterales. Los nudos se mueven unos respecto a otros. Se produce movimiento lateral. Esto se puede conseguir instalando vigas contraviendo en fachadas o cubiertas.

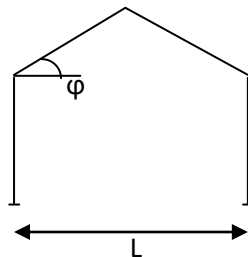
El edificio estudiado es traslacional.

Para poder realizar la comprobación a pandeo, en primer lugar hay que calcular la esbeltez de la barra para los dos ejes en los que se trabaja. Para ello se debe determinar el coeficiente de rigidez, k.

El método utilizado está pensado para pórticos de este tipo:



El pórtico del edificio que se quiere desarrollar es un pórtico a dos aguas, por lo que tiene esta forma:



Para hacer la transformación de un pórtico a otro hay que hacer la siguiente conversión en los datos del dintel:

$$I_{\text{dosaguas}} = 0,75 \cdot I_y$$
$$L_{\text{dosaguas}} = 0,75 / \cos \phi$$

Por lo tanto, los nuevos valores para los dinteles quedarán de la siguiente manera:

$$I_y' = 0,75 \cdot 11770 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 = 8827,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$
$$L = 17400 \text{ mm} / \cos 9,78 = 17656,6 \text{ mm}$$

- Cálculo del coeficiente de rigidez, k .

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

$$K_{pilar}' = \frac{I_y}{L} = \frac{11770 \times 10^4 \text{ (mm}^4\text{)}}{4500 \text{ mm}} = 26155,56 \text{ mm}^3$$

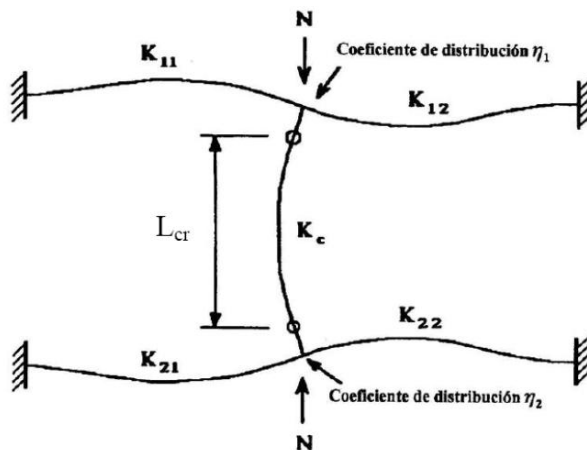
$$K_{dintel} = \alpha \times \frac{I_{y'}}{L'} = 1,5 \times \frac{8827,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{17656,6 \text{ mm}} = 7499,32 \text{ mm}^3$$

* $\alpha=1,5$ en estructuras intraslacionales y $0,5$ en estructuras traslacionales

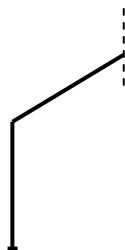
- Cálculo del coeficiente β en pilares.

En primer lugar, hay que calcular el coeficiente de distribución, η :

Para poder determinarlo hay que hallar la longitud de pandeo, asimilando nuestra barra al esquema siguiente:

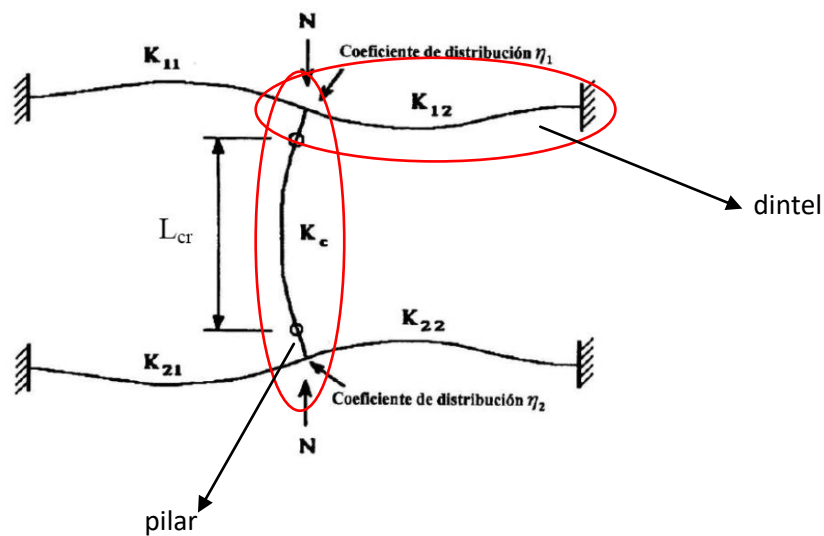


El pilar tiene esta forma:



por lo que las líneas que le corresponden a las barras según el esquema serían:

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación



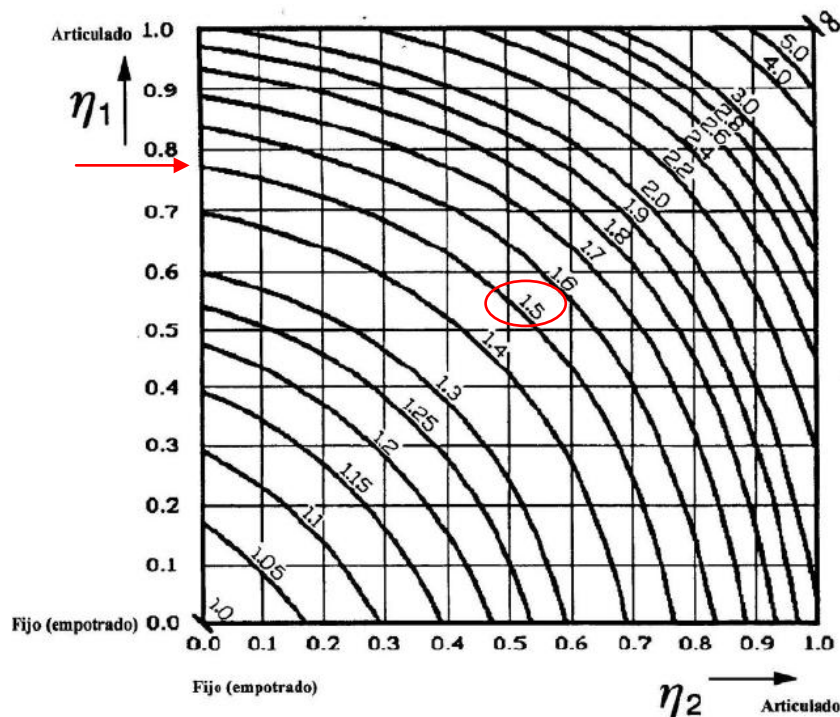
- $\eta = 0$ si es un empotramiento
- $\eta = 1$ si es una articulación
- Si se trata de un nudo hay que calcularlo.

Aplicando una correspondencia entre las líneas seleccionadas y sus coeficientes se desarrolla la siguiente expresión para el cálculo de η :

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{11} + K_{12}} = \frac{K_{pilar}}{K_{pilar} + 0 + K_{dintel}} = \frac{26155,56 \text{ mm}^3}{26155,56 \text{ mm}^3 + 7499,32 \text{ mm}^3} = 0,77$$

$$\eta_2 = 0$$

Estos valores se llevan al ábaco de pórticos traslacionales y se obtiene el coeficiente β .



En este caso el coeficiente β tiene un valor de 1,5.

- Cálculo de la esbeltez para los dos ejes, λ_y y λ_z .

Las fórmulas utilizadas para el cálculo son las siguientes:

$$\lambda_y = \frac{\beta_y * l_y}{i_y}$$

$$\lambda_z = \frac{\beta_z * l_z}{i_z}$$

- l_y y l_z se corresponden con las longitudes entre puntos de arriostramientos

- β_y y β_z representan el pandeo en los dos planos considerados.

β_y se corresponde con el pandeo en el plano del pórtico, que se da en el eje y. En este caso, se producirá pandeo, arrastrando las barras y todos los elementos que lleven. Los arriostramientos no evitan el pandeo. Por ello se considera que l_y es toda la longitud de la barra y el valor de β_y es el calculado anteriormente.

β_z se corresponde con el pandeo en el plano perpendicular al pórtico, que se da en el eje z. En este caso, los arriostramientos sí que impiden el pandeo. Es por ello que l_z se corresponde con la distancia entre los puntos de arriostramiento. En este caso, en el que no hay correas laterales que impidan el pandeo, la distancia de pandeo lateral será la longitud de la barra. El coeficiente β_z es igual a 1, porque se trata de una barra biarticulada.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se calcula la esbeltez de la barra para los 2 ejes:

$$\lambda_y = \frac{1,5 * 4500 \text{ mm}}{12,5 * 10 \text{ mm}} = 54$$

$$\lambda_z = \frac{1 * 4500 \text{ mm}}{3,35 * 10 \text{ mm}} = 134,3$$

A continuación se calcula la esbeltez de referencia para el tipo de acero considerado o λ_{EULER} como sigue:

$$\lambda_{EULER} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{fy}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{275}} = 86,8$$

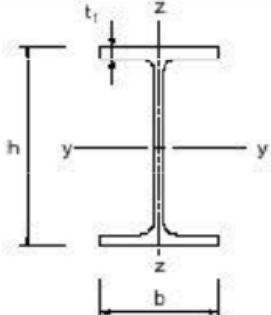
A continuación se calcula la esbeltez adimensional:

$$\lambda^-_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{54}{86,8} = 0,62$$

$$\lambda^-_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{134,3}{86,8} = 1,55$$

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

Por último se determina la curva de pandeo que corresponde mediante la siguiente tabla:

Sección transversal		Limites	Pandeo alrededor del eje	Curva de pandeo	
				S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Secciones de perfiles laminados		$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y: a z-z: b	a ₀ a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y: b z-z: c	a a
	$h/b \leq 1,2$		$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y: b z-z: c	a a
			$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y: d z-z: d	c c

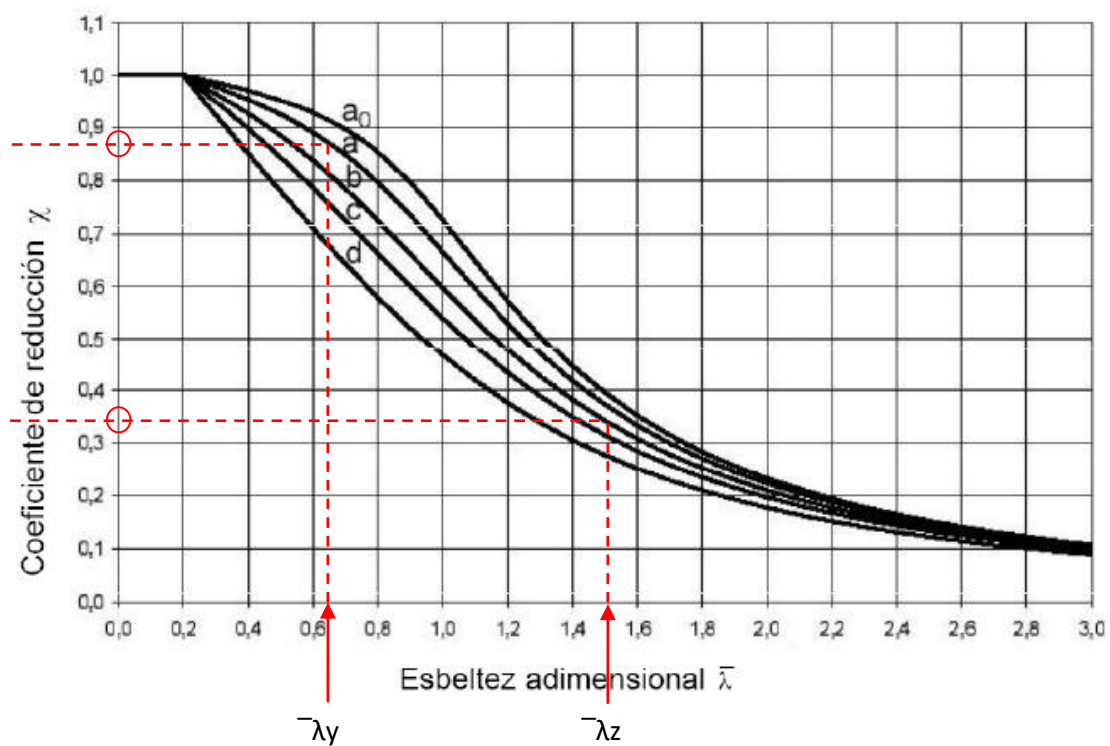
$$h/b = 330 \text{ mm}/160 \text{ mm} = 2,06; h/b > 1,2$$

$$t_f = 11,5 \text{ mm}; t_f < 40 \text{ mm}$$

Acero S 275

Por lo tanto, al pandeo en el eje y le corresponde la curva a y al pandeo en el eje z, la curva b.

Con estos valores hay que ir a la curva de pandeo y obtener los coeficientes de reducción, χ .



$$\chi_y = 0,87$$

$$\chi_z = 0,35$$

De estos dos valores nos quedamos con el más desfavorable, que es, 0,35, y hacemos la comprobación a pandeo con él.

La condición que se debe cumplir es la siguiente:

$$N_{ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = \chi * \frac{A * f_y}{\gamma_{MO}} = 0,35 * \frac{62,6 \cdot 10^2 \text{ (mm}^2\text{)} * 275 \left(\frac{N}{\text{mm}^2}\right)}{1,05} = 573833,34 \text{ N}$$

67,85 kN \leq 573,83 kN --> Sí cumple la comprobación a pandeo

9. Comprobación a pandeo lateral.

La condición que se debe cumplir en este caso es:

$$M_{ed} \leq M_{b,Rd}$$

donde:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}}$$

Para poder determinar $M_{b,Rd}$, hay que determinar el valor del coeficiente de reducción de pandeo lateral, χ_{LT} .

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}}$$

donde:

$$M_{cr} = \frac{C_1 * \pi^2 * E * I_z}{L^2} \left(\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} \right)^{1/2}$$

donde:

G: módulo de elasticidad transversal del acero = 81000 N/mm².

E: módulo de elasticidad lineal del acero = 210000 N/mm².

I_T : momento de inercia de alabeo = 28,2*10⁴ mm⁴.

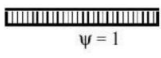
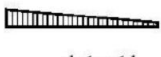





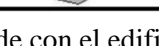
I_w : momento de inercia de torsión = 199*10⁶ mm⁶.

I_z : momento de inercia en el plano débil z-z = 788*10⁴ mm⁴.

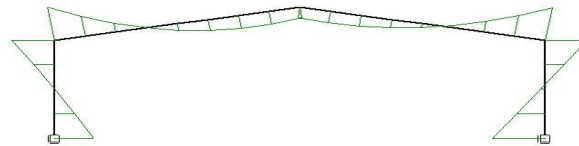
L: longitud entre puntos de arriostramiento que impiden el pandeo lateral

$C_1 = 1/(K_C)^2$: depende de la forma del diagrama flector de la pieza

Para poder determinar el valor de C_1 hay que comparar el diagrama de momentos flectores para pilares de la combinación más desfavorable y ver su correspondencia con alguno de los diagramas siguientes:

Distribución de momentos	k_c
 $\psi = 1$	1,0
 $-1 \leq \psi \leq 1$	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

El diagrama que corresponde con el edificio que se está estudiando es:

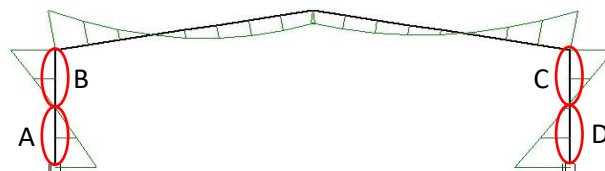


Para el caso de los pilares se observa que no existe correspondencia entre el diagrama y los que ofrece la norma. Es por ello, que C_1 se debe determinar mediante la siguiente expresión:

$$Kc = \frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$$

donde:

ψ es la relación que existe entre el momento flector máximo que se alcanza en las zonas de tracción y en las de compresión.



El pandeo lateral se produce en las alas del perfil que están sometidas a flexión, debido a las tensiones de compresión generadas por el momento flector. Del diagrama se deduce que en

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

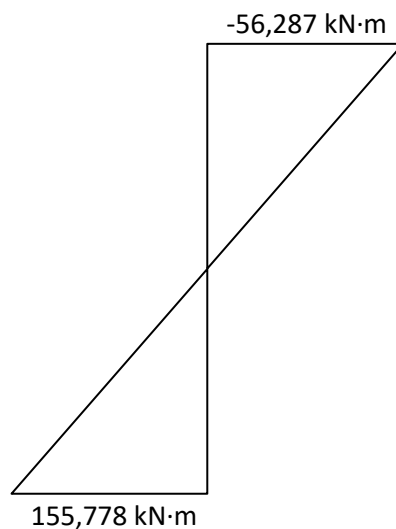
las zonas A y D, las alas del perfil que están comprimidas son las que quedan en el parte exterior del edificio, mientras que en las zonas B y C las alas comprimidas se encuentran en el interior. Como en los pilares no hay correas que puedan impedir el pandeo lateral, se considerará cualquiera de las zonas que tengan mayor extensión para realizar la comprobación.

Para conocer estas longitudes de pandeo y el valor de ψ recurrimos a los datos del diagrama de momentos extraídos del Prontuario:

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-60,635	49,596	116,165
1	1,13	0,000	1,125	-60,635	51,790	59,135
1	1,13	0,000	1,125	-60,635	51,790	59,135
1	2,25	0,000	2,250	-60,635	53,984	-0,363
1	2,25	0,000	2,250	-60,635	53,984	-0,363
1	3,38	0,000	3,375	-60,635	56,178	-62,329
1	3,38	0,000	3,375	-60,635	56,178	-62,329
1	4,50	0,000	4,500	-60,635	58,371	-126,762
1	4,50	0,000	4,500	-67,851	-49,800	-126,762
4	1,13	17,400	3,375	-55,797	-61,096	-56,287
4	1,13	17,400	3,375	-55,797	-61,096	-56,287
4	2,25	17,400	2,250	-55,797	-62,255	13,098
4	2,25	17,400	2,250	-55,797	-62,255	13,098
4	3,38	17,400	1,125	-55,797	-63,413	83,786
4	3,38	17,400	1,125	-55,797	-63,413	83,786
4	4,50	17,400	0,000	-55,797	-64,572	155,778

Se observa que la longitud mayor corresponde con las zonas A y D. La longitud de la zona A es de 2,3 metros y la de la zona D, 2,93 metros. Al ser mayor la longitud de la zona D, nos quedaremos con ella como longitud de pandeo lateral.

Los valores del momento máximo en la barra 4 son los siguientes:



Según esto, el valor de ψ será: $\psi = -56,287 / 155,778 = -0,36$

$$K_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 * (-0,36)} = 0,69$$

$$C_1: 1/(K_c)^2 = 1/0,69^2 = 2,1$$

Con esto, se calcula el valor de M_{cr} :

$$M_{cr} = \frac{C_1 * \pi^2 * E * I_z}{L^2} \left(\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} \right)^{1/2}$$

$$M_{cr} = \frac{2,1 * \pi^2 * 210000 \text{ N/mm}^2 * 788 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{2930^2 \text{ mm}^2} \left(\frac{199 \cdot 10^6 \text{ mm}^6}{788 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} + \frac{2930^2 \text{ mm}^2 * 81000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 28,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{\pi^2 * 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 788 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \right)^{1/2}$$

$$M_{cr} = 438255141,9 \text{ N} \cdot \text{mm} = 438,26 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

y posteriormente el de λ_{LT}^- :

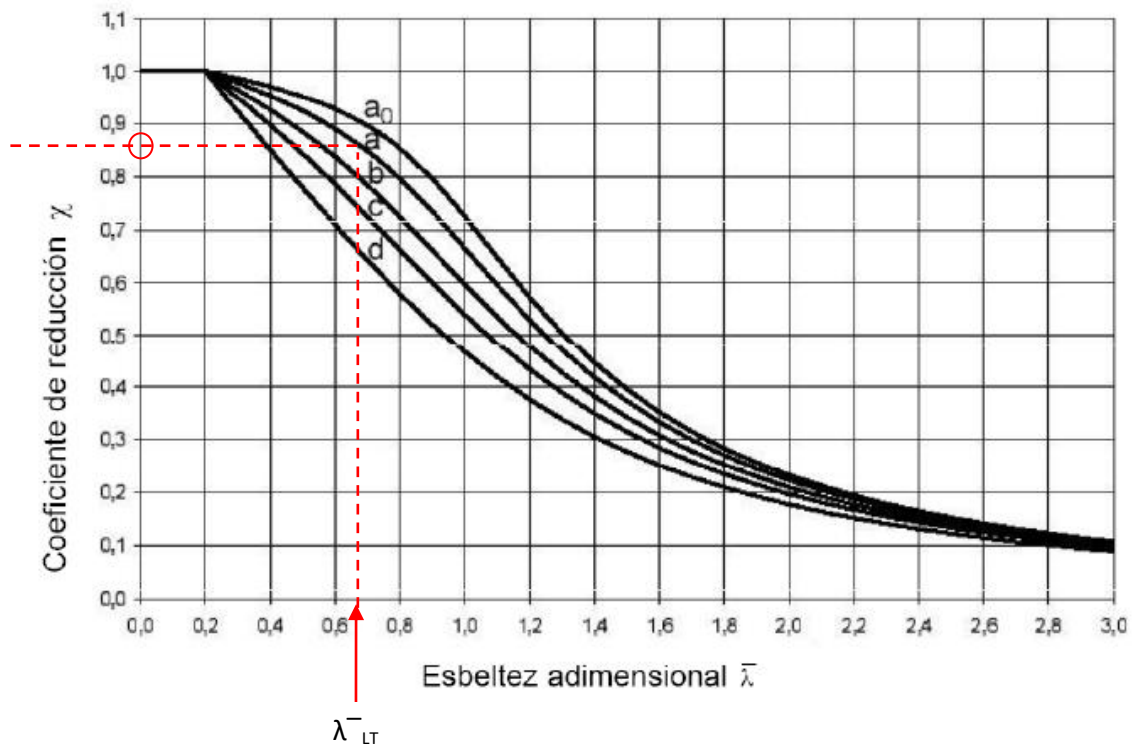
$$\lambda_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{628 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}}{438,26 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}}} = 0,63$$

A continuación, se busca en la siguiente tabla al curva de pandeo correspondiente según el perfil seleccionado:

Sección transversal	Límites	Curva de pandeo
Secciones de perfiles laminados en doble T	$h / b \leq 2$	a
	$h / b > 2$	b
Secciones soldadas en doble T	$h / b \leq 2$	c
	$h / b > 2$	d
Otras secciones	-	d

$$h/b = 330 \text{ mm}/160 \text{ mm} = 2,06; h/b > 2.$$

La curva de pandeo que corresponde es la a.



El coeficiente de reducción, χ_{LT} vale 0,86

Finalmente, se calcula $M_{b,Rd}$ y se compara con el momento máximo:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,86 * 804 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 181091428,6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

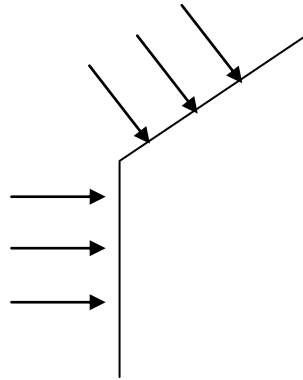
$155,778 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq 181,09 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow$ Sí cumple la condición de pandeo lateral

10. Comprobación a pandeo más pandeo lateral.

La pieza debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} * \frac{M_{y,Edmáx}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{Mz}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} * \frac{M_{z,Edmáx}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

*El tercer término no se considera porque, al trabajar en dos dimensiones, no hay momento flector en z. Por lo tanto, los términos que habría que calcular previamente son $N_{cr,y}$ y C_{My} . C_{My} y C_{Mz} son los coeficientes que modifican la flexión en y y en z.



Para elementos sometidos a cargas perpendiculares a su directriz, en este caso de pilares, según el método simplificado C_M vale 1.

Por otro lado, $N_{cr,y}$ se calcula de la siguiente manera:

$$N_{cr,y} = \frac{A \cdot f_y}{(\lambda_y^-)^2} = \frac{62,6 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \cdot 275 \text{ N/mm}^2}{0,62^2} = 4478407,9 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Edmáx}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{67851 \text{ N}}{573833,34 \text{ N}} + \frac{1}{1 - \frac{67851 \text{ N}}{4478407,9 \text{ N}}} \cdot \frac{155778 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,86 \cdot 210571,4 \text{ N} \cdot \text{m}} \leq 1$$

$0,99 \leq 1 \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a pandeo más pandeo lateral.

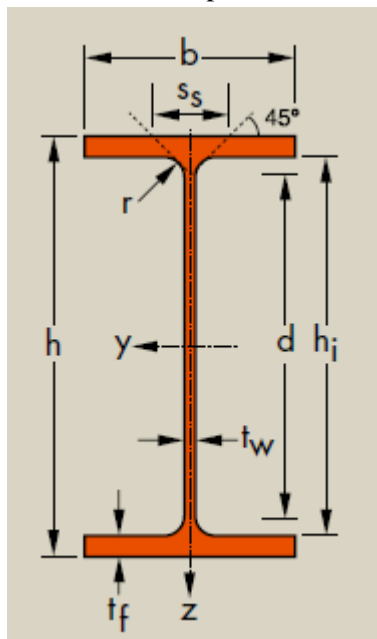
6.1.2. Comprobaciones ELU en dinteles

Los dinteles se dimensionarán para el valor de los esfuerzos mayores que tienen que soportar:

N	V	M
68,569 kN	59,937 kN	124,368 kN·m

El perfil seleccionado para estas barras es: IPE-330, acero: S-275 JR

Dimensiones del perfil:



$h = 330 \text{ mm}$
 $b = 160 \text{ mm}$
 $t_w = 7,5 \text{ mm}$
 $t_f = 11,5 \text{ mm}$

Tabla con las características propias del perfil obtenida del catálogo:

	I_y (mm⁴)	I_z (mm⁴)	i_y (mm)	i_z (mm)	A (mm²)	W_{plz} (mm³)	W_{ply} (mm³)	A_v (mm²)	I_T (mm⁴)	I_w (mm⁶)
IPE330	11770*10 ⁴	788*10 ⁴	13,7*10	3,55*10	62,6*10 ²	154*10 ³	804*10 ³	30,8*10 ²	28,2*10 ⁴	199*10 ⁶

1. Determinación de la clase de sección del perfil.

La h son 330 mm. Para un perfil de estas características, le corresponde una clase 3 para las comprobaciones con N y clase 1 para las M.

2. Determinación de la resistencia del acero.

La $t \leq 16$. Para un acero de este tipo, la tensión de límite elástico vale 275 N/mm^2 .

3. Comprobación a compresión.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$N_{ed} \leq N_{c,Rd}$$

donde:

N_{Ed} es el axil máximo debido a las acciones, es decir: 68,569 kN.

$N_{c,Rd}$ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{62,6 * 10^2 (\text{mm}^2) * 275 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)}{1,05} = 1639523,81 \text{ N}$$

$68,569 \text{ kN} \leq 1639,52 \text{ kN} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a compresión

4. Comprobación a flexión.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$M_{ed} \leq M_{c,Rd}$$

donde:

M_{Ed} es el momento máximo debido a las acciones, es decir: 124,368 kN·m.

$M_{c,Rd}$ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{804 \cdot 10^3 (\text{mm}^3) * 275 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)}{1,05} = 210571428,6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$124,368 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq 210,57 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a flexión

5. Comprobación a compresión más flexión.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{ed,y}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

Entonces:

$$\frac{68,569 \text{ kN}}{1639,52 \text{ kN}} + \frac{124,368 \text{ kN} \cdot \text{m}}{210,57 \text{ kN} \cdot \text{m}} \leq 1$$

$$0,042 + 0,6 = 0,642$$

Esto significa que la compresión está agotando el 4,2% de la resistencia del material. La flexión, en cambio, agota un porcentaje mucho más pequeño, 60%.

$0,642 \leq 1 \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a compresión más flexión.

6. Comprobación a cortante.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$V_{ed} \leq V_{pl,Rd}$$

donde:

V_{Ed} es el cortante máximo debido a las acciones, es decir: 59,937 kN.

$V_{pl,Rd}$ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{MO}} = \frac{30,8 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 * \left(\frac{275 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{3}}\right)}{1,05} = 465729,2 \text{ N}$$

$59,937 \text{ kN} \leq 465,73 \text{ kN} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a cortante

7. Comprobación a flexión más cortante.

Si: $V_{Ed} < 50\% * V_{pl,Rd} \rightarrow$ No es necesario hacer la comprobación

$$59,937 \text{ kN} < 50\% * 465,73 \text{ kN}$$

$59,937 \text{ kN} < 232,8 \text{ kN} \rightarrow$ Sí cumple, por lo que no es necesario hacer la comprobación

8. Comprobación a pandeo.

Los coeficientes de rigidez para pilares y dinteles se calcularon previamente:

- Cálculo del coeficiente de rigidez, k .

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

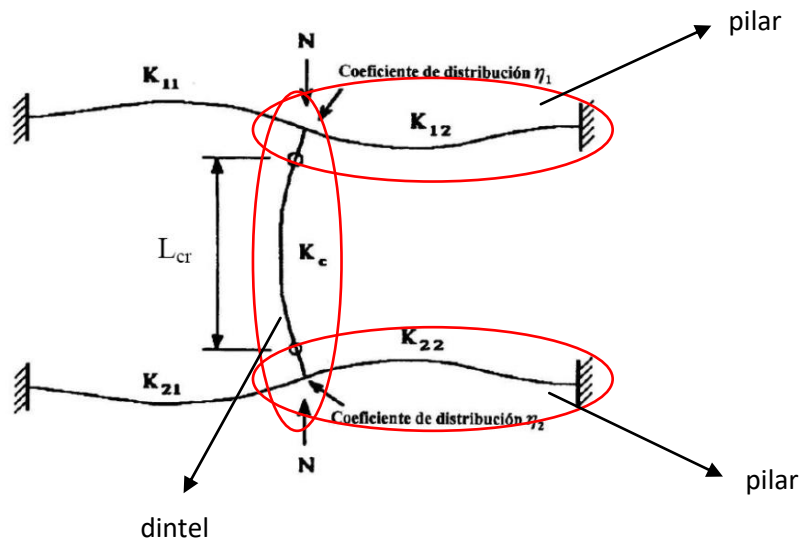
$$K_{pilar'} = \frac{I_y}{L} = \frac{11770 \times 10^4 \text{ (mm}^4\text{)}}{4500 \text{ mm}} = 26155,56 \text{ mm}^3$$

$$K_{dintel} = \alpha \times \frac{I_{y'}}{L'} = 1,5 \times \frac{8827,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{17656,6 \text{ mm}} = 7499,32 \text{ mm}^3$$

* $\alpha=1,5$ en estructuras intraslacionales y $0,5$ en estructuras traslacionales.

- Cálculo del coeficiente β en dinteles.

En este caso, las líneas que le corresponden a los dinteles según el esquema serían:

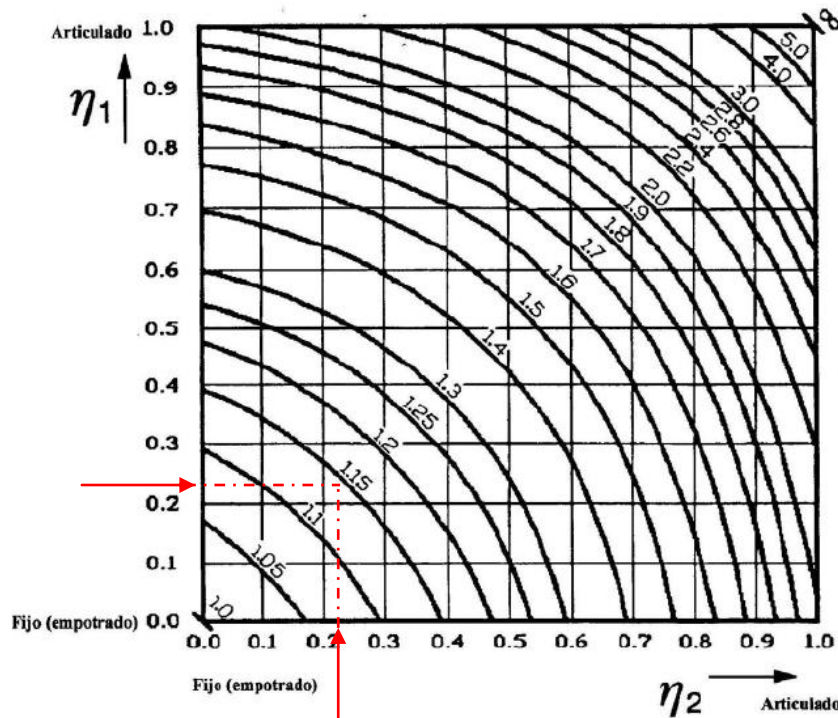


Aplicando una correspondencia entre las líneas seleccionadas y sus coeficientes se desarrolla la siguiente expresión para el cálculo de η :

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{11} + K_{12}} = \frac{K_{dintel}}{K_{dintel} + 0 + K_{pilar}} = \frac{7499,32 \text{ mm}^3}{7499,32 \text{ mm}^3 + 26155,56 \text{ mm}^3} = 0,22$$

$$\eta_2 = \frac{K_c}{K_c + K_{21} + K_{22}} = \frac{K_{dintel}}{K_{dintel} + 0 + K_{pilar}} = \frac{7499,32 \text{ mm}^3}{7499,32 \text{ mm}^3 + 26155,56 \text{ mm}^3} = 0,22$$

Estos valores se llevan al ábaco de pórticos traslacionales y se obtiene el coeficiente β .



En este caso el coeficiente β tiene un valor de 1,14.

- Cálculo de la esbeltez para los dos ejes, λ_y y λ_z .

Las fórmulas utilizadas para el cálculo son las siguientes:

$$\lambda_y = \frac{\beta_y * l_y}{i_y}$$

$$\lambda_z = \frac{\beta_z * l_z}{i_z}$$

- l_y y l_z se corresponden con las longitudes entre puntos de arriostramientos
- β_y y β_z representan el pandeo en los dos planos considerados.

β_y se corresponde con el pandeo en el plano del pórtico, que se da en el eje y. En este caso, se producirá pandeo, arrastrando las barras y todos los elementos que lleven. Los arriostramientos no evitan el pandeo. Por ello se considera que l_y es la luz del pórtico y el valor de β_y es el calculado anteriormente.

β_z se corresponde con el pandeo en el plano perpendicular al pórtico, que se da en el eje z. En este caso, existen arriostramientos que impiden el pandeo que son las correas de cubierta. Es por ello que l_z se corresponde con la distancia entre correas. El coeficiente β_z es igual a 1, porque es una barra biarticulada.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se calcula la esbeltez de la barra para los 2 ejes:

$$\lambda_y = \frac{1,14 * 17400 \text{ mm}}{13,7 * 10 \text{ mm}} = 144,78$$

$$\lambda_z = \frac{1 * 1400 \text{ mm}}{3,55 * 10 \text{ mm}} = 39,44$$

A continuación se calcula la esbeltez de referencia para el tipo de acero considerado o λ_{EULER} como sigue:

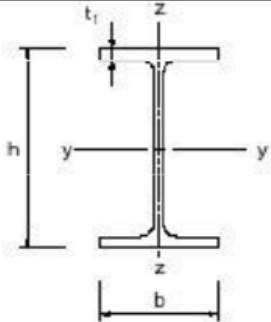
$$\lambda_{EULER} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{fy}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{275}} = 86,8$$

A continuación se calcula la esbeltez adimensional:

$$\lambda_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{144,78}{86,8} = 1,67$$

$$\lambda_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{39,44}{86,8} = 0,45$$

Por último se determina la curva de pandeo que corresponde mediante la siguiente tabla:

Sección transversal		Límites	Pandeo alrededor del eje	Curva de pandeo	
				S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Secciones de perfiles laminados		$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$ y-y z-z	a b	a ₀ a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$ y-y z-z	b c	a a
	$h/b \leq 1,2$		$t_f \leq 100 \text{ mm}$ y-y z-z	b c	a a
			$t_f > 100 \text{ mm}$ y-y z-z	d d	c c

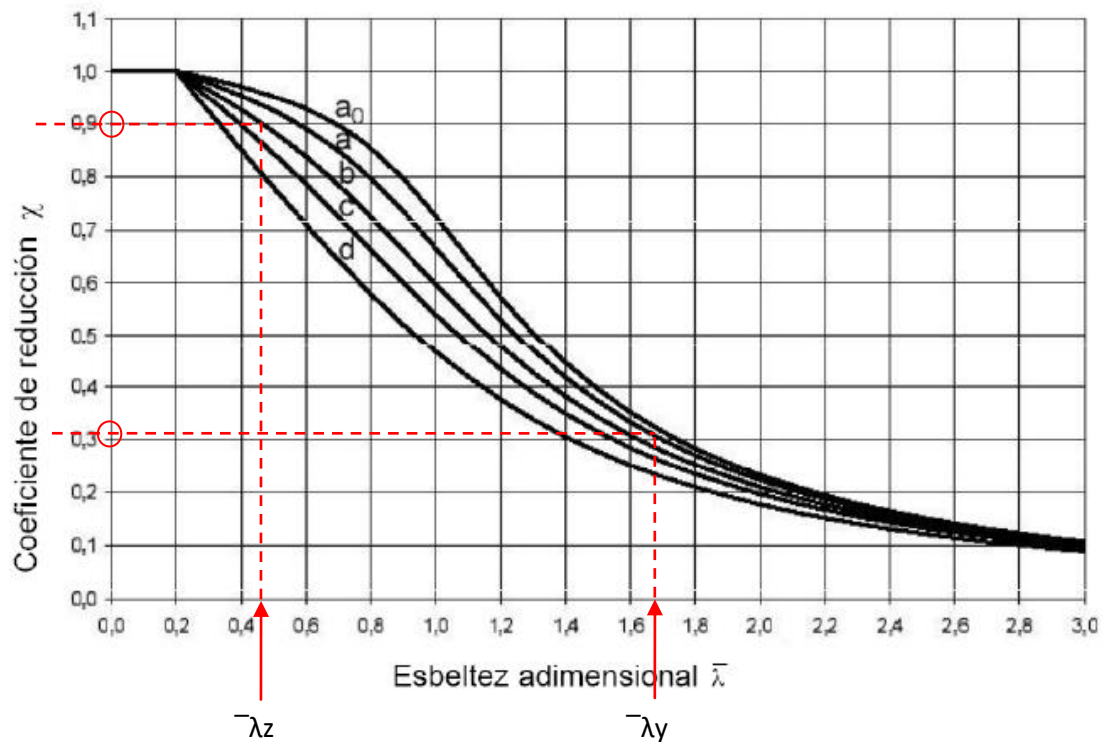
$$h/b = 330 \text{ mm}/160 \text{ mm} = 2,06; h/b > 1,2$$

$$t_f = 11,5 \text{ mm}; t_f < 40 \text{ mm}$$

Acero S 275

Por lo tanto, al pandeo en el eje y le corresponde la curva a y al pandeo en el eje z, la curva b.

Con estos valores hay que ir a la curva de pandeo y obtener los coeficientes de reducción, χ .



$$\chi_y = 0,31$$

$$\chi_z = 0,9$$

De estos dos valores nos quedamos con el más desfavorable, que es, 0,31, y hacemos la comprobación a pandeo con él.

La condición que se debe cumplir es la siguiente:

$$N_{ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 0,31 * \frac{62,6 \cdot 10^2 (mm^2) * 275 \left(\frac{N}{mm^2}\right)}{1,05} = 508252,38N$$

$$68,569 \text{ kN} \leq 508,252 \text{ kN} \rightarrow \text{Sí cumple la comprobación a pandeo}$$

9. Comprobación a pandeo lateral.

La condición que se debe cumplir en este caso es:

$$M_{ed} \leq M_{b,Rd}$$

donde:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}}$$

Para poder determinar Mb,Rd, hay que determinar el valor del coeficiente de reducción de pandeo lateral, λ_{LT} .

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}}$$

donde:

$$M_{cr} = \frac{C_1 * \pi^2 * E * I_z}{L^2} \left(\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} \right)^{1/2}$$

donde:

G: módulo de elasticidad transversal del acero = 81000 N/mm².

E: módulo de elasticidad lineal del acero = 210000 N/mm².

I_T: momento de inercia de alabeo = 28,2*10⁴ mm⁴.

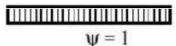







I_w: momento de inercia de torsión = 199*10⁶ mm⁶.

I_z: momento de inercia en el plano débil z-z = 788*10⁴ mm⁴.

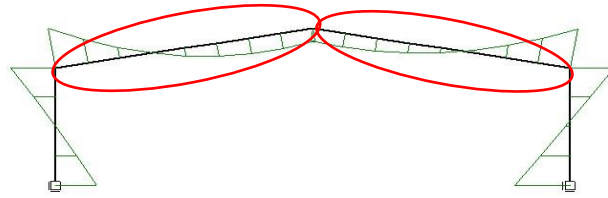
L: longitud entre puntos de arriostramiento que impiden el pandeo lateral.

C₁ = 1/(K_C)²: depende de la forma del diagrama flector de la pieza.

Para poder determinar el valor de C₁ hay que comparar el diagrama de momentos flectores para dinteles de la combinación más desfavorable y ver su correspondencia con alguno de los diagramas siguientes:

Distribución de momentos	k _c
 ψ = 1	1,0
 -1 ≤ ψ ≤ 1	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

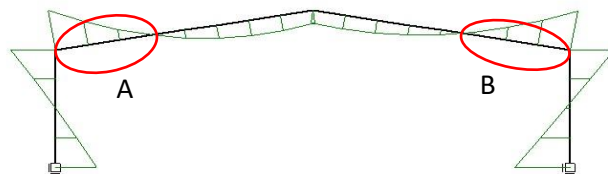
El diagrama que corresponde con el edificio que se está estudiando es:



Para el caso de los dinteles se observa que la forma del diagrama se corresponde con un valor de K_C de 0,91 . Así, C_1 resulta:

$$C_1: 1/(K_C)^2 = 1/0,91^2 = 1,2$$

Para determinar la longitud de pandeo lateral en los dinteles nos fijamos únicamente en las alas que están a compresión que se encuentran en la zona interna del edificio. En el exterior existen correas de cubierta que impiden el pandeo lateral, por lo que ahí la longitud de pandeo lateral es la distancia entre las correas.

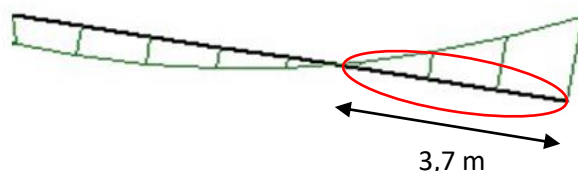


Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
2	1,10	1,087	4,688	-66,558	-42,046	-76,103
2	1,10	1,087	4,688	-66,514	-42,116	-76,103
2	2,21	2,175	4,875	-65,219	-34,356	-33,892
2	2,21	2,175	4,875	-65,255	-34,287	-33,892
2	3,31	3,262	5,063	-63,962	-26,533	-0,345
2	3,31	3,262	5,063	-63,934	-26,600	-0,345
2	4,41	4,350	5,250	-62,639	-18,840	24,736
2	4,41	4,350	5,250	-62,656	-18,784	24,736
2	5,52	5,438	5,438	-61,362	-11,023	41,192
2	5,52	5,438	5,438	-61,353	-11,068	41,192
2	6,62	6,525	5,625	-60,060	-3,315	49,124
2	6,62	6,525	5,625	-60,063	-3,261	49,124

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	7,72	7,612	5,813	-58,770	4,493	48,444
2	7,72	7,612	5,813	-58,774	4,432	48,444
2	8,83	8,700	6,000	-57,480	12,192	39,269
2	8,83	8,700	6,000	-58,251	-7,709	39,269
3	1,10	9,787	5,813	-59,537	-1,146	44,152
3	1,10	9,787	5,813	-59,536	-1,190	44,152
3	2,21	10,875	5,625	-60,824	5,380	41,838
3	2,21	10,875	5,625	-60,820	5,425	41,838
3	3,31	11,962	5,438	-62,107	11,988	32,235
3	3,31	11,962	5,438	-62,116	11,942	32,235
3	4,41	13,050	5,250	-63,404	18,512	15,422
3	4,41	13,050	5,250	-63,390	18,559	15,422
3	5,52	14,137	5,063	-64,677	25,122	-8,668
3	5,52	14,137	5,063	-64,695	25,075	-8,668
3	6,62	15,225	4,875	-65,983	31,645	-39,980
3	6,62	15,225	4,875	-65,955	31,703	-39,980
3	7,73	16,313	4,688	-67,242	38,272	-78,605
3	7,73	16,313	4,688	-67,283	38,202	-78,605
3	8,83	17,400	4,500	-68,569	44,766	-124,368
3	8,83	17,400	4,500	-55,797	-59,937	-124,368



La longitud del dintel correspondiente a la zona A es de 3,4 metros y la de la zona B, de 3,7 metros. La longitud más desfavorable que se deberá utilizar para el cálculo del pandeo lateral es la de la zona B por ser la más restrictiva.

Esta longitud es bastante grande. Teniendo esto en cuenta y el valor del pandeo tan desfavorable calculado en el apartado anterior, se decide colocar tornapuntas para evitar problemas de pandeo y que no se cumpla la última condición ELU. Las tornapuntas son unas chapas que unen el dintel a la correa y ayudan a sujetar el ala inferior para que no pandee en esas zonas tan problemáticas. Se colocarán tornapuntas en todas las correas, por lo que se conseguirá disminuir la longitud de pandeo lateral a su valor mínimo, que corresponde con la distancia entre las correas, es decir, 1,4 metros. En cada dintel habrá que poner 6 tornapuntas. Como hay dos dinteles en cada ptecho y el total de ptechos es 6, el total de tornapuntas que se deben colocar es 72.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

En el resto del dintel, el ala comprimida es la que queda fuera de la nave, donde están las correas que sí que minimizan el pandeo lateral. Por ello, en esa zona la longitud de pandeo lateral también equivale a la distancia entre correas que es 1,4 metros.

Con esto, se calcula el valor de M_{cr} con el valor de $L = 1,4$ metros:

$$M_{cr} = \frac{C_1 \times \pi^2 \times E \times I_z}{L^2} \left(\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} \right)^{1/2}$$

$$M_{cr} = \frac{1,2 \times \pi^2 \times 210000 \text{ N/mm}^2 \times 788 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{1400^2 \text{ mm}^2} \left(\frac{199 \cdot 10^6 \text{ mm}^6}{788 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} + \frac{1400^2 \text{ mm}^2 \times 81000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 28,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{\pi^2 \times 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 788 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \right)^{1/2}$$

$$M_{cr} = 526452086,2 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

y posteriormente el de λ_{LT}^- :

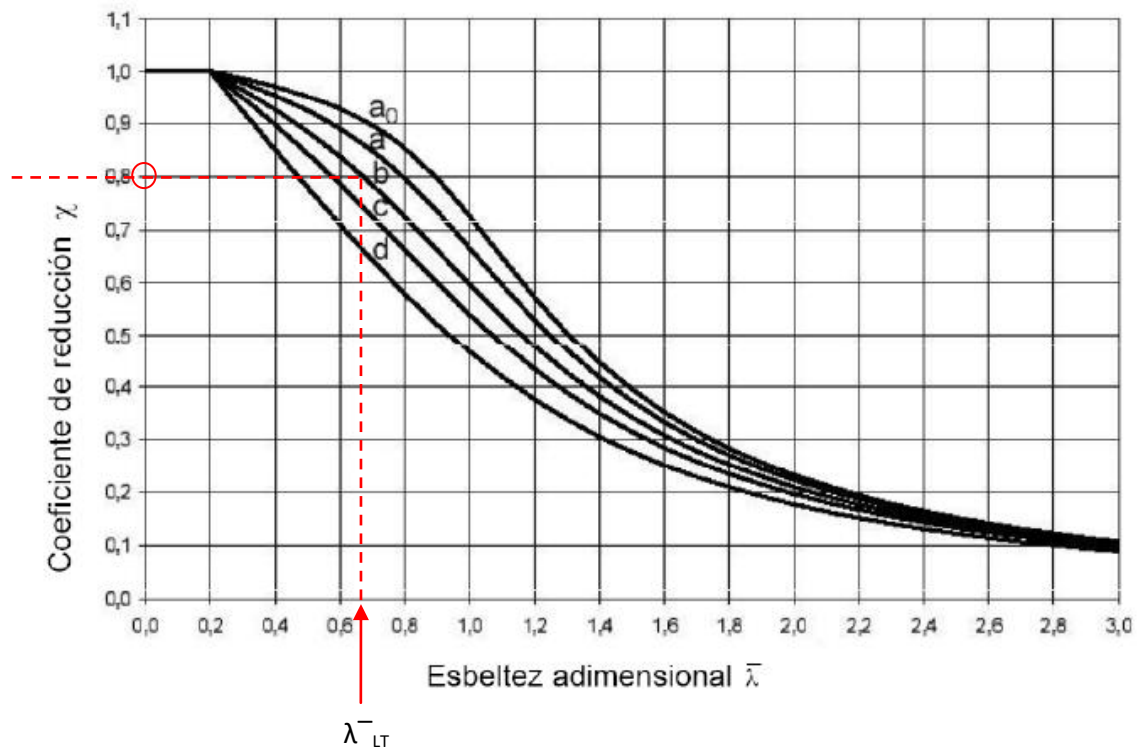
$$\lambda_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{804 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times 275 \text{ N/mm}^2}{526,45 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}} = 0,65$$

A continuación, se busca en la siguiente tabla al curva de pandeo correspondiente según el perfil seleccionado:

Sección transversal	Límites	Curva de pandeo
Secciones de perfiles laminados en doble T	$h / b \leq 2$	a
	$h / b > 2$	b
Secciones soldadas en doble T	$h / b \leq 2$	c
	$h / b > 2$	d
Otras secciones	-	d

$$h/b = 330 \text{ mm}/160 \text{ mm} = 2,06; h/b > 2.$$

La curva de pandeo que corresponde es la b.



El coeficiente de reducción, χ_{LT} vale 0,8

Finalmente, se calcula $M_{b,Rd}$ y se compara con el momento máximo:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,8 * 804 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}}{1,05} = 168457142,9 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

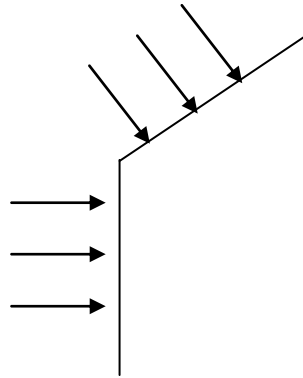
$124,368 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq 168,46 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow$ Sí cumple la condición de pandeo lateral

10. Comprobación a pandeo más pandeo lateral.

La pieza debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} * \frac{M_{y,Edmáx}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{Mz}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} * \frac{M_{z,Edmáx}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

*El tercer término no se considera porque, al trabajar en dos dimensiones, no hay momento flector en z. Por lo tanto, los términos que habría que calcular previamente son $N_{cr,y}$ y C_{My} . C_{My} y C_{Mz} son los coeficientes que modifican la flexión en y y en z.



Para elementos sometidos a cargas perpendiculares a su directriz, en este caso de dinteles, según el método simplificado C_M vale 1.

Por otro lado, $N_{cr,y}$ se calcula de la siguiente manera:

$$N_{cr,y} = \frac{A \cdot f_y}{(\lambda_y^-)^2} = \frac{62,6 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \cdot 275 \text{ N/mm}^2}{1,67^2} = 617268,46 \text{ N}$$

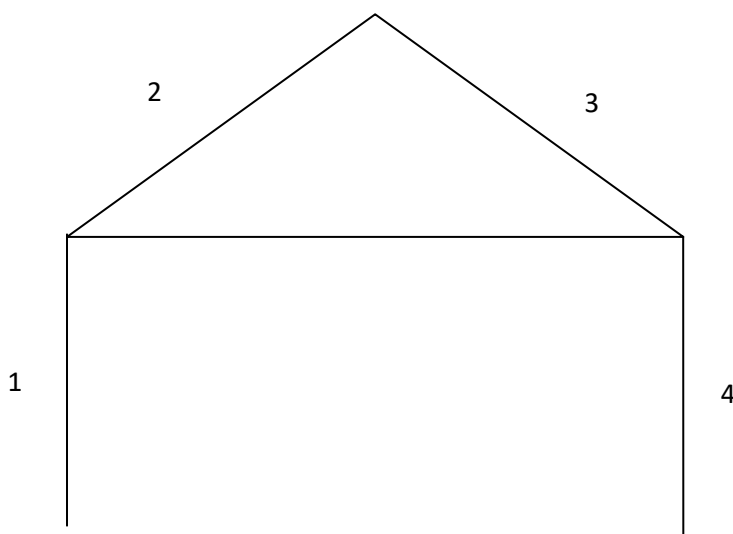
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Edmáx}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{68569 \text{ N}}{508252,38 \text{ N}} + \frac{1}{1 - \frac{68569 \text{ N}}{617268,46 \text{ N}}} \cdot \frac{124368 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,8 \cdot 210571,43 \text{ N} \cdot \text{m}} \leq 1$$

$0,96 \leq 1 \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a pandeo más pandeo lateral.

6.2. Comprobación a deformación de pilares y dinteles

Para hacer las comprobaciones de Límite Último de Servicio, las cargas deben ir sin mayorar. Así que se procederá de la misma manera, pero introduciendo en el software los nuevos valores de cargas. Será necesario hacerlo únicamente con la combinación más desfavorable, es decir, la III.

El resultado de las cargas sin mayorar (en kN/m) que afectan a cada barra se muestra a continuación:



Combinación III:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1				1,3	
2	1,38	1,5	1,85	0,17	
3	1,38	1,5	1,85	0,55	
4				0,69	

6.2.1. Comprobación ELS en pilares

Para llevar a cabo la comprobación ELS en pilares hay que estudiar las deformaciones que provocan que el edificio se desplome. Para ello, se compara el valor máximo de deformación en los pilares con los límites impuestos por la norma.

El valor máximo de la deformada en pilares que corresponde con la combinación III vale: $u_x = 8,437 \text{ mm}$.

La comprobación que se debe hacer es: $\delta < H/250$, siendo H la longitud de la barra. Por lo tanto:

$8,437 \text{ mm} < 4500/250 \text{ mm} ; 8,473 \text{ mm} < 18 \text{ mm} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a deformación en pilares.

6.2.1. Comprobación ELS en dinteles

Para llevar a cabo la comprobación ELS en dinteles hay que estudiar las deformaciones verticales que provocan la aparición de flechas en las vigas. Para ello, se compara el valor máximo de deformación en los vigas con los límites impuestos por la norma.

El valor máximo de la deformada en dinteles que corresponde con la combinación III vale: $u_z = 41,357 \text{ mm}$

La comprobación que se debe hacer es: $\delta < L/300$, siendo L la luz del pórtico. Por lo tanto:

$41,357 \text{ mm} < 17400/300 \text{ mm} ; 41,357 \text{ mm} < 58 \text{ mm} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a deformación en dinteles.

7. RESUMEN DE LOS PERFILES ELEGIDOS

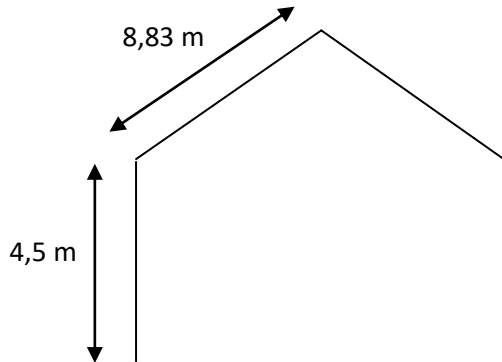
Perfiles elegidos para las correas: IPE 120 S275 JR. Peso: 10,4 kg/m

Perfiles elegidos para los pilares: IPE 330 S275 JR. Peso: 49,1 kg/m

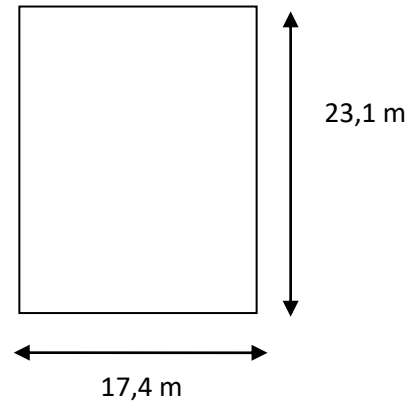
Perfiles elegidos para los dinteles: IPE 330 S275 JR. Peso: 49,1 kg/m

8. MEDICIÓN DEL ACERO TOTAL DEL EDIFICIO

Perfil del edificio:



Planta del edificio:



Total longitud de las barras: $2 * (4,5\text{m} + 8,83\text{m}) = 26,66 \text{ m}$

Peso del perfil IPE 330: 49,1 kg/m

Peso del perfil IPE 120: 10,4 kg/m

Superficie del edificio: $23,1\text{m} * 17,4\text{m} = 401,94 \text{ m}^2$

Peso total del acero de los pórticos:

Número de pórticos * longitud de las barras * peso pórtico:

$6 \text{ pórticos} * 26,66 \text{ metros} / \text{pórtico} * 49,1 \text{ kg} / \text{metro} = 7854,04 \text{ kg}$

Peso total del acero de las correas:

Número de correas * longitud de cada correa* peso correa:

$14 \text{ correas} * 23,1 \text{ metros} / \text{pórtico} * 10,4 \text{ Kg} / \text{metro} = 3363,36 \text{ Kg}$

Peso total de todo el acero:

Peso total del acero de los pórticos + Peso total del acero de las correas:

$7854,04 \text{ kg} + 3363,36 \text{ Kg} = 11217,4 \text{ kg}$

Peso por unidad de superficie:

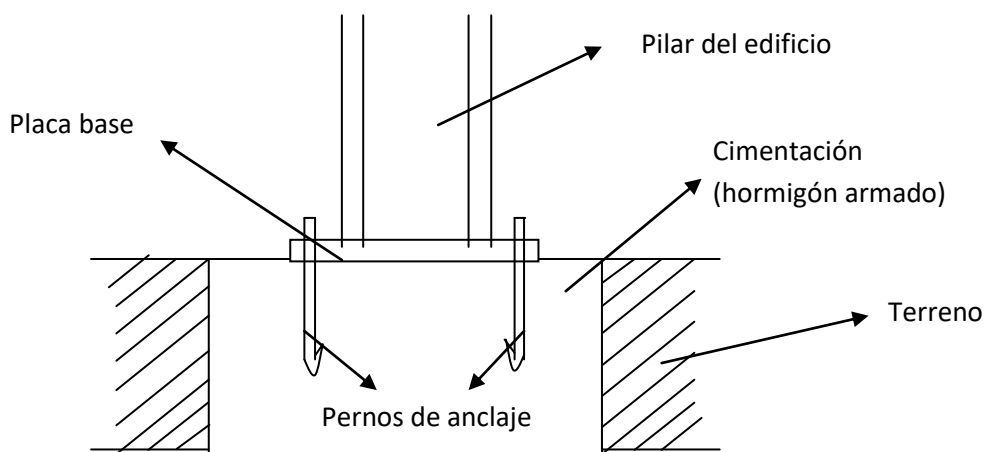
Peso total del acero / superficie del edificio:

$11217,4 \text{ kg} / 401,94 \text{ m}^2 = 27,9 \text{ kg} / \text{m}^2$

(*El peso de las tornapuntas se considera despreciable)

9. CIMENTACIÓN

Por último se debe realizar el cálculo de la cimentación. Las cargas generadas se transportan por los elementos del edificio (dinteles, correas, pilares....) hasta que llegan al terreno. La resistencia del terreno es mucho menor que la del acero del que está constituido el edificio. Por ello es necesario diseñar una buena cimentación que sea capaz de distribuir esas tensiones para que el terreno pueda resistirlas. Esto se consigue creando una superficie cada vez mayor mediante el establecimiento de zapatas de cimentación unidas a los pilares por placas de anclaje. Estos dos elementos son los responsables del aumento de superficie que hará distribuir las tensiones.



- Resistencia del acero del edificio: 275 N/mm^2 .
- Resistencia de la cimentación: $25\text{-}40 \text{ N/mm}^2$.
- Resistencia del terreno: $0,2\text{-}0,8 \text{ N/mm}^2$.

La cimentación que se utilizará se basa en el establecimiento de zapatas de cimentación superficiales (profundizan menos de 3 metros aproximadamente) de hormigón armado. Serán rectangulares y la base del pilar estará en el centro de la zapata.

Las actuaciones previas que hay que llevar a cabo en el terreno son las siguientes:

- Eliminación de la capa de tierra vegetal.
- Explanación del terreno.
- Vaciado del hueco correspondiente para las zapatas.
- Relleno con hormigón y armado

Las comprobaciones geotécnicas que es necesario realizar para comprobar la estabilidad de la zapatas y así calcular sus dimensiones son:

- Comprobación de hundimiento o de resistencia del terreno.
- Comprobación de vuelco.
- Comprobación de deslizamiento.
- Comprobación de armadura.
- Comprobación de anclaje.

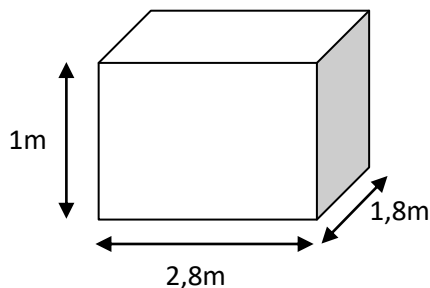
Las tres primeras se realizan con las cargas sin mayorar. La comprobación de armadura se hace con los esfuerzos mayorados. Una vez realizadas las comprobaciones y establecidas las dimensiones de las zapatas se calculan las longitudes del anclaje de la armadura.

Las tensiones que tiene que soportar la cimentación son los que le transmite el pilar. Por ello se considerarán los esfuerzos más desfavorables que transmite la base del pilar. En función de la comprobación que se esté realizando existirán unas situaciones creadas por los esfuerzos más o menos desfavorables. Esas situaciones son las siguientes:

- Hundimiento. Las acciones que favorecen el efecto del hundimiento serán el valor mayor del axil de compresión y el mayor valor del momento.
- Vuelco. El vuelco se ve favorecido cuando el axil de compresión es mínimo y cuando el cortante y el momento son máximos.
- Hundimiento. El hundimiento se ve favorecido cuando el axil de compresión es mínimo y cuando el cortante es máximo.
- Armado. La situación más desfavorable en el armado se da cuando el axil de compresión y el momento son máximos.

Para realizar las comprobaciones se supondrán unas medidas de zapata típicas de edificios agroindustriales. Si cumple todas las condiciones se tomarán como válidas; sino habrá que aumentar alguna de ellas.

Las medidas que se tomarán son: $a = 2,8\text{m}$; $b = 1,8\text{m}$; $h = 1\text{m}$



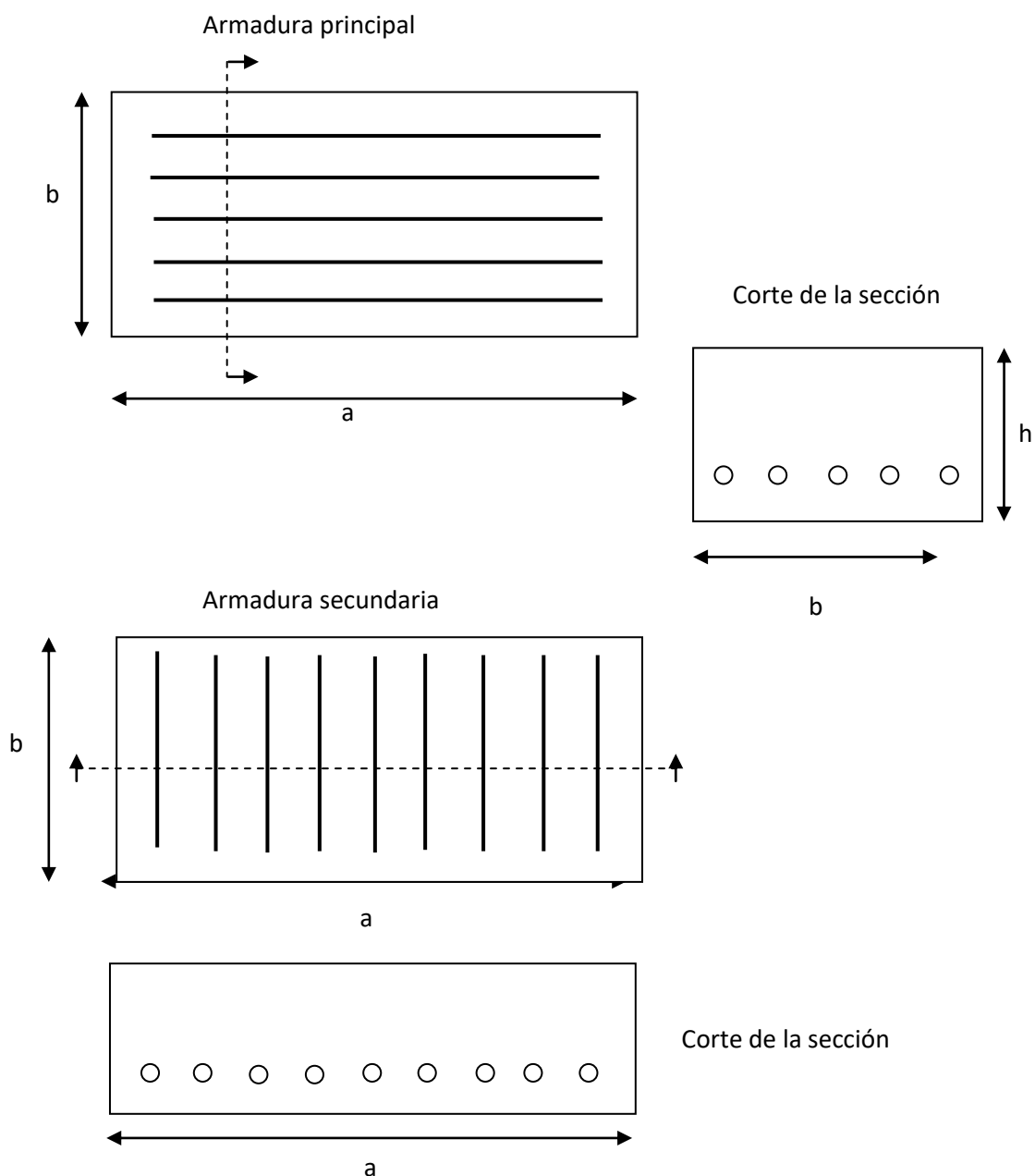
El peso es otro parámetro que influye en la estabilidad de la zapata. Se determina a través de las dimensiones de la pieza y de la densidad del hormigón, $\rho_h = 25 \text{ kN/m}^3$.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

$$P = \rho_h * v = 25 \text{ kN/m}^3 * (2,8\text{m} * 1,8\text{m} * 1\text{m}) = 126 \text{ kN} = 12.600 \text{ kg}$$

En cuanto al armado de hormigón, se realizará con acero B400S y el hormigón será HA-25. También se va a utilizar hormigón de limpieza H-200/P/40 (10 cm).

Se deben considerar dos tipos de armadura, la principal o longitudinal y la secundaria o transversal.



9.1. Comprobaciones geotécnicas de la cimentación

9.1.1. Hundimiento

Los valores más desfavorables para la comprobación de hundimiento corresponden a las combinación de acciones III y son:

N	M
41,470kN	77,081 kN·m

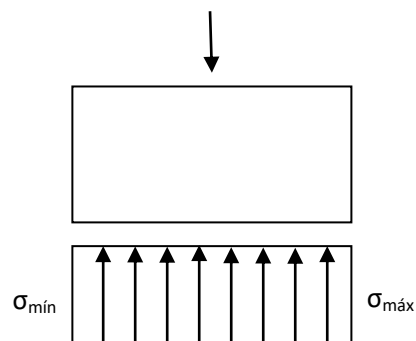
Para realizar la comprobación a hundimiento previamente hay que determinar la excentricidad, e , que nos da el grado de desviación de la fuerza resultante con respecto al centro de la zapata.

$$e = \frac{M + V \cdot h}{N + P} = \frac{77,081 \text{ kN} \cdot \text{m} + 38,045 \text{ kN} \cdot 1 \text{ m}}{41,470 \text{ kN} + 126 \text{ kN}} = 0,68 \text{ m}$$

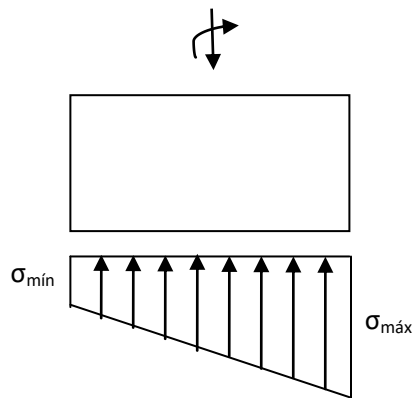
*El cálculo de la excentricidad se hace con el valor del cortante mayor. En este caso también de la combinación de acciones III.

En función de la situación de la excentricidad se pueden dar 3 situaciones:

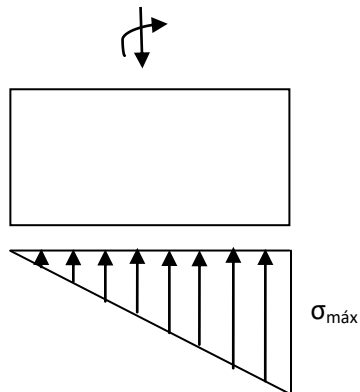
- $e = 0$. La fuerza resultante pasa exactamente por el centro de la zapata. No hay momento. Las tensiones máxima y mínima son iguales. La distribución de tensiones sigue el siguiente esquema:



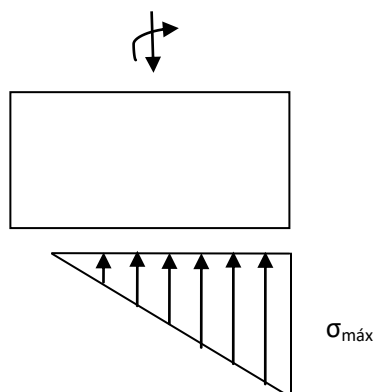
- $0 > e < a/6$. La fuerza resultante se desvía un poco del centro de la zapata. Aparece un momento pequeño, además del axil. La tensión mínima es menor que la máxima y su valor es la tensión de compresión debida al axil menos la tensión debida al momento. La distribución de tensiones sigue el siguiente esquema:



- $e = a/6$. La tensión mínima es cero. La distribución de tensiones sigue el siguiente esquema:



- $e > a/6$. La fuerza resultante está muy alejada del centro de la zapata. Aparece una zona en la que la tensión de compresión es negativa. La distribución de tensiones sigue el siguiente esquema:



En este caso:

- $a/3 = 0,47\text{m}$; $e = 0,68\text{m}$;
- $e > a/6$, por lo que el cálculo de la tensión máxima se realizará de la siguiente manera:

$$\sigma_{\max} = \frac{2 * (N + P)}{3 * \left(\frac{a}{2} - e\right) * b} = \frac{2 * (41,470 \text{ kN} + 126 \text{ kN})}{3 * \left(\frac{2,8 \text{ m}}{2} - 0,68 \text{ m}\right) * 1,8 \text{ m}} = \frac{334,94 \text{ kN}}{3,88 \text{ m}^2} = 86,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Como se vio en el anejo de localización, la tensión máxima admisible del terreno donde se asienta el edificio es de 2 kp/cm^2 , que es lo mismo que $0,2 \text{ N/mm}^2$. Haciendo la comparativa de ambas tensiones:

$$0,2 \text{ N/mm}^2 < 0,086 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\max, \text{adm}} \text{ ---> Sí se cumple la comprobación a hundimiento}$$

9.1.2. Vuelco

En el caso del vuelco, el cortante y el momento máximos son las situaciones más desfavorables, cosa que ocurre en la combinación III, pero para el axil, lo más desfavorable es cuando el axil de compresión es mínimo. Esto ocurre en la combinación VI, en la que todos los esfuerzos tienen valores muy bajos. En la combinación III el axil no es tan desfavorable, pero sí lo son el resto de esfuerzos, tomando valores muy superiores comparándolos con el resto de combinaciones. Además en esta comprobación van multiplicados por 2, lo cual los hace todavía más desfavorables. Por ello, se seguirán tomando los valores de la combinación III para realizar la comprobación al vuelco. El valor del axil será el mínimo que transmita la base del pilar.

N	V	M
38,740 kN	38,045 kN	77,081 kN·m

La condición que se debe cumplir en este caso es:

$$2 * M_{\text{desestab}} \leq M_{\text{estab}}$$

Los momentos desestabilizantes son los que favorecen el vuelco y son el momento y el cortante: $M + V * h$.

Los momentos estabilizantes son los que impiden el vuelco y son el peso y el axil: $(N + P) * a / 2$.

$$2 * (77,081 \text{ kN} \cdot \text{m} + 38,045 \text{ kN} * 1 \text{ m}) \leq (38,740 \text{ kN} + 126 \text{ kN}) * 2,8 \text{ m} / 2$$

$$230,25 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq 230,64 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ ---> Sí se cumple la comprobación a vuelco}$$

9.1.3. Deslizamiento

En el caso del deslizamiento, la situación más desfavorable se da con el axil mínimo y el cortante máximo. El cortante va multiplicado por 1,5, lo cual favorece aún más que se produzca el deslizamiento. Se seguirán tomando los valores de la combinación III para realizar la comprobación.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

N	V	M
38,740 kN	38,045 kN	77,081 kN·m

La condición que se debe cumplir en este caso es:

$$1,5 * F_{\text{desestab}} \leq F_{\text{estab}}$$

Las fuerzas desestabilizantes son los que favorecen el deslizamiento y en este caso es el cortante: V.

Las fuerzas estabilizantes son los que impiden el vuelco y para el deslizamiento es la fuerza de rozamiento, F_R , que depende del axil, del peso y de las características del terreno:

$$(N + P) * \text{tg} (\phi * 2/3) + (C * 0,5) * (b * a).$$

- ϕ : ángulo de rozamiento interno. Es el ángulo que se forma cuando se apila el material del que está constituido el terreno. Su valor se vio en el Anejo de localización y vale 20°.

- C: es la cohesión que caracteriza a cada tipo de suelo. Para suelos pegajosos, como las arcillas, como es este caso, se suele tener en cuenta ya que se considera una propiedad estabilizante que dificulta el deslizamiento. Va a depender de la superficie de contacto de la zapata con el suelo y, por lo tanto, de los valores de a y de b. Es una propiedad del suelo determinada en laboratorio, pero se ha extraído de la bibliografía el dato de 0,2 kg/cm².

$$1,5 * (38,045 \text{ kN}) \leq (38,740 \text{ kN} + 126 \text{ kN}) * \text{tg} (20 * 2/3) + (20 \text{ kN/m}^2 * 0,5) * (2,8 \text{ m} * 1,8 \text{ m})$$

$$57,07 \text{ kN} \leq 89,44 \text{ kN} \text{ ---> Sí se cumple la comprobación a deslizamiento}$$

9.1.4. Armadura

Para el cálculo del armado de la zapata, la situación más desfavorable es cuando actúan el axil y el momento mayores. El peso propio de la zapata no interviene. Para su determinación, se deben tomar los valores de las cargas mayoradas. La situación más desfavorable es la III y los valores de los esfuerzos son los siguientes:

Nd	Md
60,635 kN	155,778 kN·m

La normativa impone varias limitaciones a la hora de armar la zapata. En todas ellas se calcula A_s , que es el área transversal. Depende del número total de barras y del diámetro de las mismas. Además las barras deben estar separadas cierta distancias unas de otras.

Tensión de tracción

La debe cumplir solamente la armadura principal.

En primer lugar hay que determinar si las zapatas proyectadas son rígidas o flexibles:

$$\checkmark \text{ Zapatas rígidas: } h \leq \frac{vuelo}{2}$$

- ✓ Zapatas flexibles: $h > \frac{\text{vuelo}}{2}$
- ✓

El vuelo de la zapata es: $2,8 \text{ m} / 2 = 1,4$. Por lo tanto:

- vuelo / 2 = $1,4 \text{ m} / 2 = 0,7 \text{ m}$
- $h = 1 \text{ m}$
- $1 \geq 0,7$; Se trata de una zapata rígida.

El método de cálculo utilizado para zapatas rígidas es el modelo de bielas y tirantes.

- Modelo de bielas y tirantes:

Supone que dentro de la zapata hay una celosía con una serie de nudos y barras. Las barras no existen, excepto una, el armado. Esa barra está traccionada. Esa tensión que tienen que ser capaz de soportar la zapata es la tensión de tracción, Td.

$$Td = \frac{R_{1d}}{0,85 * d} * (X_1 - 0,25 * a)$$

donde:

d: es la distancia entre la cara interior de la zapata y la armadura. Se deja para que la armadura no entre en contacto con el suelo. Su valor depende de la zona en la que se encuentra la zapata (piscina, montaña, mar...). En este caso, toma el valor de $0,95 * h$, por lo que: $d = 0,95 * 1 \text{ m} = 0,95 \text{ m}$

El término R_{1d} se calcula de la siguiente forma:

$$R_{1d} = \frac{N_d}{2} * \left(1 + 3 * \frac{e'}{a}\right)$$

donde:

e': es a excentricidad que se calcula mediante la relación: M_d / N_d .

$$e' = \frac{M_d}{N_d} = \frac{155,778 \text{ kN} \cdot \text{m}}{60,635 \text{ kN}} = 2,57 \text{ m}$$

$$R_{1d} = \frac{60,635 \text{ kN}}{2} * \left(1 + 3 * \frac{2,57 \text{ m}}{2,8 \text{ m}}\right) = 113,77 \text{ kN}$$

El término X_1 se calcula de la siguiente forma:

$$X_1 = a * \left(\frac{1 + 4 * \frac{e'}{a}}{4 + 12 * \frac{e'}{a}} \right)$$

$$X_1 = 2,8 \text{ m} * \left(\frac{1 + 4 * \frac{2,57 \text{ m}}{2,8 \text{ m}}}{4 + 12 * \frac{2,57 \text{ m}}{2,8 \text{ m}}} \right) = 0,87 \text{ m}$$

Con esto, se calcula T_d :

$$T_d = \frac{113770 \text{ N}}{0,85 * 0,95 \text{ m}} * (0,87 \text{ m} - 0,25 * 2,8 \text{ m}) = 23951,58 \text{ N}$$

Una vez calculados estos términos, ya se puede calcular la primera limitación que se debe tener en cuenta para armar la zapata es:

$$T_d (\text{N}) \leq A_s (\text{mm}^2) * f_{yd} (\text{N/mm}^2)$$

donde:

$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s}$: es el límite elástico, aplicándole un coeficiente de seguridad. Depende del tipo de acero que se utilice para armar el hormigón. En este caso se utilizará un acero B400S, por lo que f_y vale 400. El coeficiente de seguridad, γ_s , tienen el valor 1,15 según la EHE-08.

$$23951,58 \text{ N} \leq A_s (\text{mm}^2) * 400/1,15 \text{ N/mm}^2$$

$$68,86 \text{ mm}^2 \leq A_s$$

Además de esta limitación, la norma impone unas condiciones mínimas de acero:

Cuantía geométrica mínima

Se debe tener en cuenta a la hora de dimensionar la armadura principal y la secundaria.

$$\text{Armadura principal: } A_s \geq \frac{1}{1000} * (h * b)$$

$$\text{Armadura secundaria: } A_s \geq \frac{1}{1000} * (h * a)$$

donde:

1/1000: representa el área de las barras con respecto al área del hormigón de la zapata. En el caso del acero B400S toma el valor de 1/1000

$$\text{Armadura principal: } A_s \geq \frac{1}{1000} * (1000 \text{ mm} * 1800 \text{ mm}); A_s \geq 1800 \text{ mm}^2$$

$$\text{Armadura secundaria: } A_s \geq \frac{1}{1000} * (1000 \text{ m} * 2800 \text{ m}); A_s \geq 2800 \text{ mm}^2$$

Cuantía mecánica mínima

Se debe tener en cuenta a la hora de dimensionar la armadura principal.

$$A_s * f_{yd} \geq \frac{4}{100} * A_c * f_{cd}$$

donde:

A_c : es el área del hormigón, es decir, $b * h$. Por lo tanto su valor es: $1800 \text{ mm} * 1000 \text{ mm} = 1800000 \text{ mm}^2$.

f_{cd} : es la resistencia de cálculo del hormigón. Depende del tipo de hormigón utilizado. En este caso es HA-25. Su valor se minora con un coeficiente de seguridad, γ_c , que vale 1,5.

$$f_{cd} = \frac{25 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 16,67 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s * 347,83 \text{ N/mm}^2 \geq \frac{4}{100} * 1800000 \text{ mm}^2 * 16,67 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s \geq 3450,65 \text{ mm}^2$$

Ahora hay que seleccionar la comprobación más restrictiva para la armadura principal y la secundaria

Armadura principal:

$$\text{Tracción: } A_s \geq 68,86 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cuantía geométrica mínima: } A_s \geq 1800 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cuantía mecánica mínima: } A_s \geq 3450,65 \text{ mm}^2$$

Armadura secundaria:

$$\text{Cuantía geométrica mínima: } A_s \geq 2800 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, la armadura principal se dimensionará con el valor de:

$$U = A_s * f_{yd} = 3450,65 \text{ mm}^2 * 347,82 \text{ N / mm}^2 = 1200205,083 \text{ N} = 1200,2 \text{ kN}$$

Y para la armadura secundaria:

$$U = A_s * f_{yd} = 2800 \text{ mm}^2 * 347,82 \text{ N / mm}^2 = 973896 \text{ N} = 973,9 \text{ kN}$$

Buscando los resultados en la tabla de capacidades mecánicas y dejando una separación recomendada entre las barras de acero de 10 - 30 cm se obtienen los siguientes valores:

Armadura principal: 8Ø25 (8 barras de 25 mm de diámetro, separadas 20 cm)

Armadura secundaria: 9Ø20 (9 barras de 20 mm de diámetro, separadas 28 cm)

9.1.5. Anclaje

El anclaje se debe calcular para la armadura principal y la secundaria. Para las zapatas rígidas la condición que se establece es la siguiente:

$$l \text{ (cm)} \geq m_1 * \phi^2 \text{ (cm)}$$

donde:

m_1 : depende del acero y del hormigón. Para un acero B400 S y un hormigón HA-25, toma el valor de 12

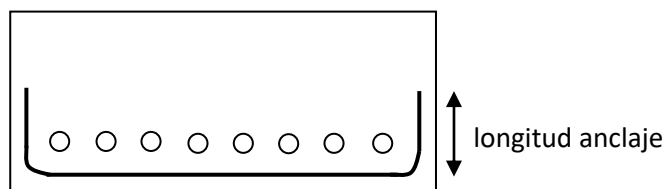
Armadura principal:

$$l \text{ (cm)} \geq 12 * 2,5^2 \text{ (cm)}$$
$$l = 75 \text{ cm}$$

Armadura secundaria:

$$l \text{ (cm)} \geq 12 * 2^2 \text{ (cm)}$$
$$l = 48 \text{ cm}$$

Estos serán los valores de las longitudes de anclaje para las armaduras. Son menores que la altura de la zapata, 1 metro, por lo que se consideran válidos. La armadura se curvará en los extremos como muestra la figura.



10. MEDICIÓN DEL ACERO Y DEL HORMIGÓN DE LA CIMENTACIÓN

Volumen total hormigón:

Volumen zapata * número de zapatas :

$$2,8 * 1,8 * 1 = 5,04 \text{ m}^3 * 12 \text{ zapatas} = 60,48 \text{ m}^3$$

Peso acero zapatas:

Peso acero armadura principal + Peso acero armadura secundaria:

Peso acero armadura principal: $(3,85 \text{ kg/m} * 3,75 \text{ metros}) * 8 \text{ barras} * 12 \text{ zapatas} = 1386 \text{ kg}$

Peso acero armadura secundaria: $(2,47 \text{ kg/m} * 2,74 \text{ metros}) * 9 \text{ barras} * 12 \text{ zapatas} = 730,92 \text{ kg}$

Peso acero total: $1386 \text{ kg} + 730,92 \text{ kg} = 2116,92 \text{ kg}$

11. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PRONTUARIO

RESULTADOS DE LAS COMBINACIONES DE ACCIONES CON LAS CARGAS MAYORADAS

1 Análisis - PorticoADosAguas

1.1 Geometría

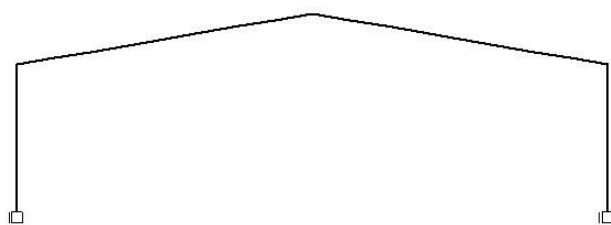


Figura 1.1.1- Detalle estructura

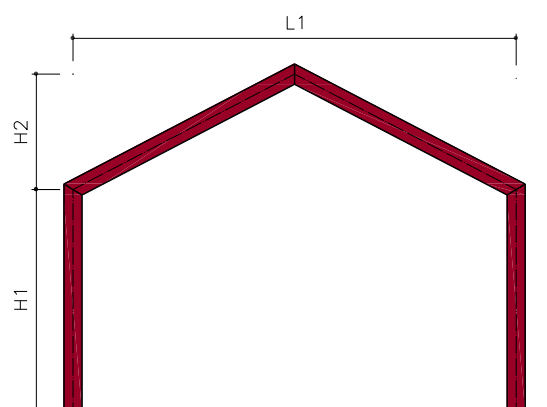


Figura 1.1.2- Esquema estructura

Variable	Valor
L1	17,4
H1	4,5

H2	1,5
----	-----

COMBINACIÓN I

1.2 Apoyos/Secciones

1.2.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	4,500	PilarTipo	50408,24
2	8,700	1,500	DintelTipo	16741,07
3	8,700	-1,500	DintelTipo	16741,07
4	0,000	-4,500	PilarTipo	50408,24

1.2.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	17,400	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

1.3 Cargas

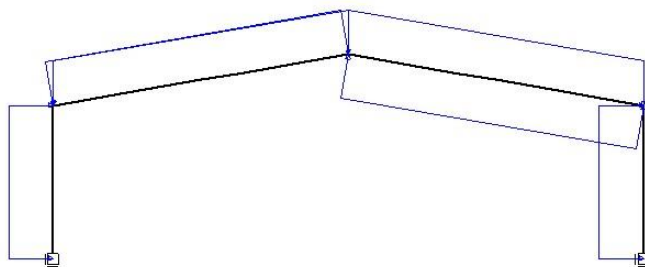


Figura 1.3.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	1,95	1,95	90	4,5	L
2	2	0	q	1,86	1,86	-90	8,83	G
3	2	0	q	4,5	4,5	-90	8,83	G
4	2	0	q	0,25	0,25	90	8,83	L
5	3	0	q	1,86	1,86	-90	8,83	G
6	3	0	q	4,5	4,5	-90	8,83	G
7	3	0	q	0,83	0,83	-90	8,83	L
8	4	0	q	1,03	1,03	-90	4,5	L

1.4 Esfuerzos

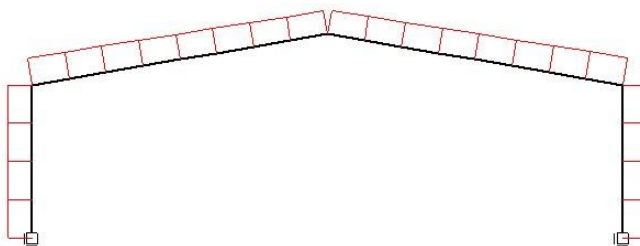


Figura 1.4.1- Esfuerzos axiales

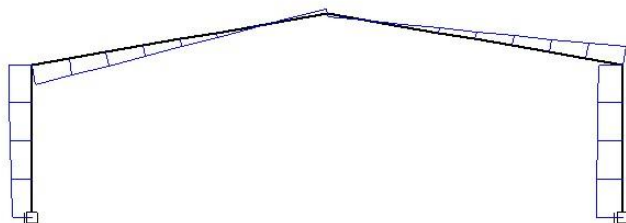


Figura 1.4.2- Esfuerzos cortante

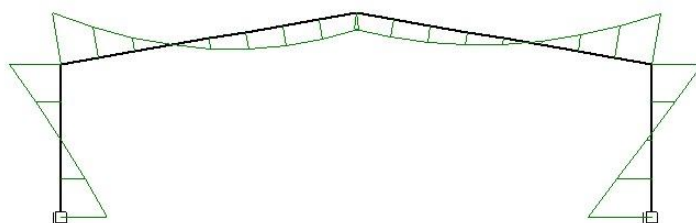


Figura 1.4.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-56,044	44,976	105,303
1	1,13	0,000	1,125	-56,044	47,170	53,470
1	1,13	0,000	1,125	-56,044	47,170	53,470
1	2,25	0,000	2,250	-56,044	49,364	-0,830
1	2,25	0,000	2,250	-56,044	49,364	-0,830
1	3,38	0,000	3,375	-56,044	51,557	-57,598
1	3,38	0,000	3,375	-56,044	51,557	-57,598
1	4,50	0,000	4,500	-56,044	53,751	-116,834
1	4,50	0,000	4,500	-62,516	-46,064	-116,834

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	1,10	1,087	4,688	-61,320	-38,875	-69,985
2	1,10	1,087	4,688	-61,280	-38,939	-69,985
2	2,21	2,175	4,875	-60,083	-31,745	-30,969
2	2,21	2,175	4,875	-60,116	-31,682	-30,969
2	3,31	3,262	5,063	-58,921	-24,493	0,015
2	3,31	3,262	5,063	-58,895	-24,554	0,015
2	4,41	4,350	5,250	-57,698	-17,360	23,151
2	4,41	4,350	5,250	-57,714	-17,308	23,151
2	5,52	5,438	5,438	-56,517	-10,113	38,289
2	5,52	5,438	5,438	-56,510	-10,155	38,289
2	6,62	6,525	5,625	-55,314	-2,967	45,525
2	6,62	6,525	5,625	-55,317	-2,917	45,525
2	7,72	7,612	5,813	-54,121	4,272	44,777
2	7,72	7,612	5,813	-54,126	4,215	44,777
2	8,83	8,700	6,000	-52,929	11,410	36,153
2	8,83	8,700	6,000	-53,700	-6,926	36,153
3	1,10	9,787	5,813	-54,889	-0,928	40,484
3	1,10	9,787	5,813	-54,889	-0,968	40,484
3	2,21	10,875	5,625	-56,079	5,036	38,238
3	2,21	10,875	5,625	-56,076	5,077	38,238
3	3,31	11,962	5,438	-57,265	11,075	29,330
3	3,31	11,962	5,438	-57,273	11,033	29,330
3	4,41	13,050	5,250	-58,464	17,037	13,834
3	4,41	13,050	5,250	-58,451	17,080	13,834
3	5,52	14,137	5,063	-59,640	23,078	-8,313
3	5,52	14,137	5,063	-59,657	23,034	-8,313
3	6,62	15,225	4,875	-60,848	29,038	-37,060
3	6,62	15,225	4,875	-60,822	29,092	-37,060

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	-62,012	35,096	-72,490
3	7,73	16,313	4,688	-62,049	35,031	-72,490
3	8,83	17,400	4,500	-63,239	41,029	-114,442
3	8,83	17,400	4,500	-51,207	-55,321	-114,442
4	1,13	17,400	3,375	-51,207	-56,480	-51,554
4	1,13	17,400	3,375	-51,207	-56,480	-51,554
4	2,25	17,400	2,250	-51,207	-57,639	12,637
4	2,25	17,400	2,250	-51,207	-57,639	12,637
4	3,38	17,400	1,125	-51,207	-58,797	78,133
4	3,38	17,400	1,125	-51,207	-58,797	78,133
4	4,50	17,400	0,000	-51,207	-59,956	144,931

1.5 Reacciones

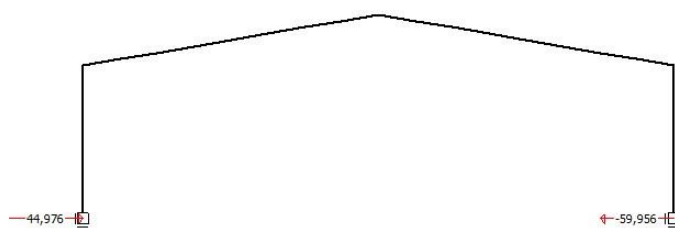


Figura 1.5.1- Reacciones horizontales

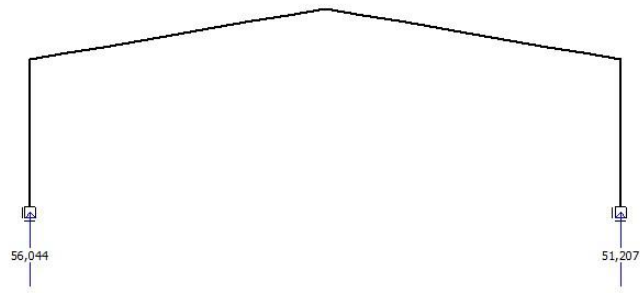


Figura 1.5.2- Reacciones verticales

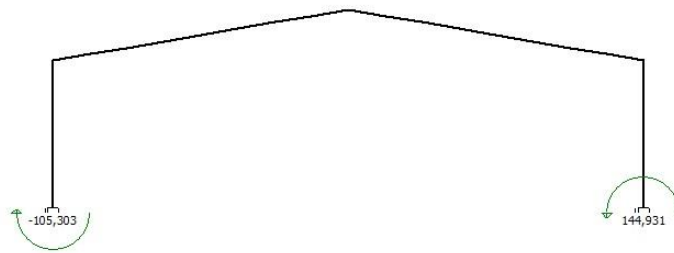


Figura 1.5.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	44,976	56,044	-105,303
2	17,40	0,000	-59,956	51,207	144,931

1.6 Desplazamientos

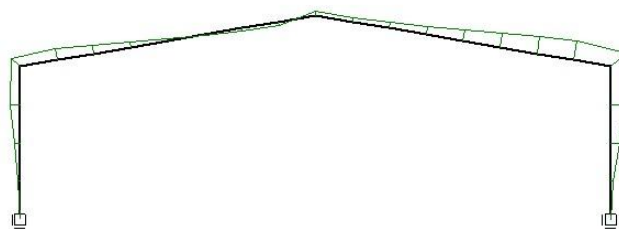


Figura 1.6.1- Desplazamientos horizontales

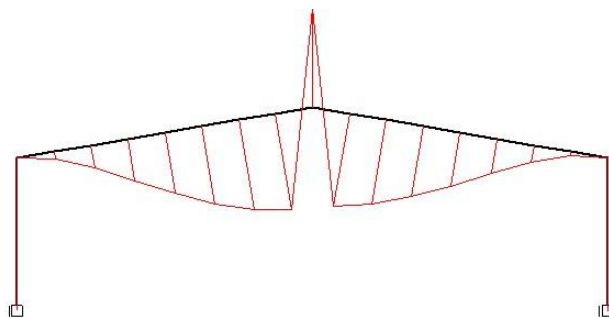


Figura 1.6.2- Desplazamientos verticales

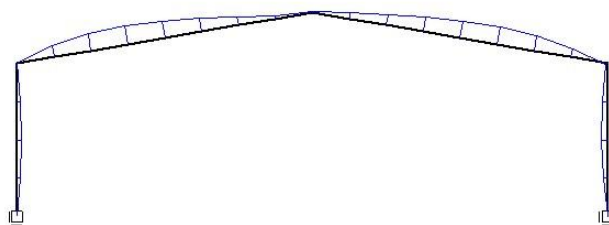


Figura 1.6.3- Giros

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

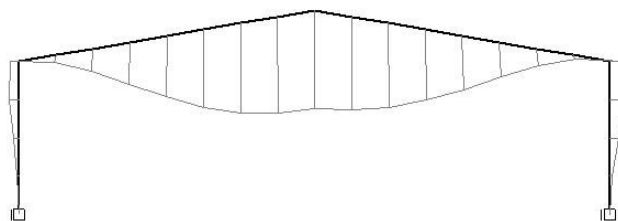


Figura 1.6.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,13	0,000	1,125	-1,108	-0,021	1,776
1	2,25	0,000	2,250	-3,553	-0,042	2,368
1	3,38	0,000	3,375	-5,972	-0,063	1,721
1	4,50	0,000	4,500	-6,939	-0,084	-0,221
2	1,10	1,087	4,688	-6,336	-3,937	-6,333
2	2,21	2,175	4,875	-4,865	-12,857	-9,617
2	3,31	3,262	5,063	-2,992	-24,037	-10,594
2	4,41	4,350	5,250	-1,120	-35,272	-9,786
2	5,52	5,438	5,438	0,484	-44,894	-7,717
2	6,62	6,525	5,625	1,618	-51,810	-4,912
2	7,72	7,612	5,813	2,203	-55,514	-1,893
2	8,83	8,700	6,000	2,241	-56,056	0,819
3	1,10	9,787	5,813	2,573	-53,791	3,380
3	2,21	10,875	5,625	3,401	-48,658	6,012
3	3,31	11,962	5,438	4,688	-40,831	8,274
3	4,41	13,050	5,250	6,337	-30,931	9,734
3	5,52	14,137	5,063	8,140	-20,089	9,952
3	6,62	15,225	4,875	9,841	-9,873	8,492

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	11,068	-2,356	4,917
3	8,83	17,400	4,500	11,396	-0,077	-1,206
4	1,13	17,400	3,375	8,865	-0,058	-3,060
4	2,25	17,400	2,250	5,042	-0,039	-3,497
4	3,38	17,400	1,125	1,539	-0,019	-2,487
4	4,50	17,400	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN II

1.7 Apoyos/Secciones

1.7.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	4,500	PilarTipo	50408,24
2	8,700	1,500	DintelTipo	16741,07
3	8,700	-1,500	DintelTipo	16741,07
4	0,000	-4,500	PilarTipo	50408,24

1.7.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	17,400	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

1.8 Cargas

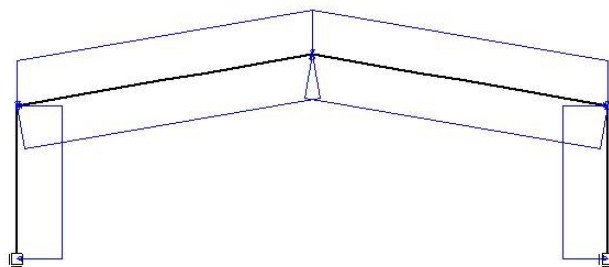


Figura 1.8.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	1,75	1,75	-90	4,5	L
2	2	0	q	1,86	1,86	-90	8,83	G
3	2	0	q	4,5	4,5	-90	8,83	G
4	2	0	q	1,66	1,66	-90	8,83	L
5	3	0	q	1,86	1,86	-90	8,83	G
6	3	0	q	4,5	4,5	-90	8,83	G
7	3	0	q	1,66	1,66	-90	8,83	L
8	4	0	q	1,75	1,75	-90	4,5	L

1.9 Esfuerzos

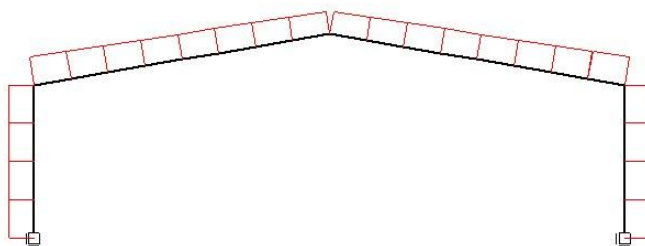


Figura 1.9.1- Esfuerzos axiales

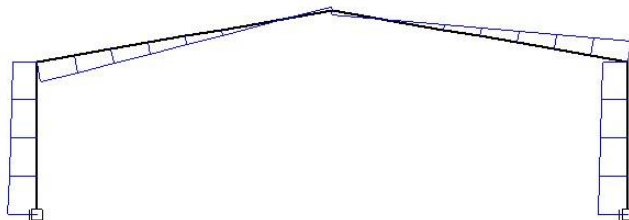


Figura 1.9.2- Esfuerzos cortante

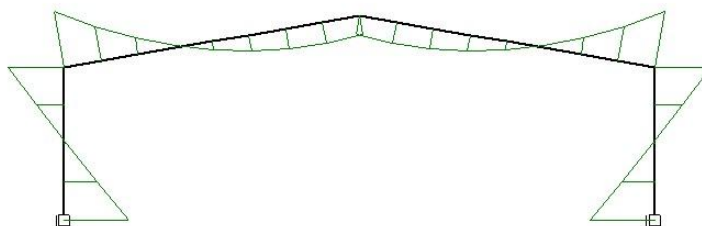


Figura 1.9.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-41,710	48,086	106,521
1	1,13	0,000	1,125	-41,710	46,117	53,532
1	1,13	0,000	1,125	-41,710	46,117	53,532
1	2,25	0,000	2,250	-41,710	44,148	2,758
1	2,25	0,000	2,250	-41,710	44,148	2,758
1	3,38	0,000	3,375	-41,710	42,180	-45,801
1	3,38	0,000	3,375	-41,710	42,180	-45,801
1	4,50	0,000	4,500	-41,710	40,211	-92,146
1	4,50	0,000	4,500	-46,731	-34,247	-92,146

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	1,10	1,087	4,688	-45,535	-29,165	-57,169
2	1,10	1,087	4,688	-45,505	-29,213	-57,169
2	2,21	2,175	4,875	-44,308	-24,127	-27,727
2	2,21	2,175	4,875	-44,333	-24,081	-27,727
2	3,31	3,262	5,063	-43,138	-18,999	-3,966
2	3,31	3,262	5,063	-43,118	-19,044	-3,966
2	4,41	4,350	5,250	-41,921	-13,958	14,250
2	4,41	4,350	5,250	-41,934	-13,920	14,250
2	5,52	5,438	5,438	-40,737	-8,834	26,812
2	5,52	5,438	5,438	-40,730	-8,864	26,812
2	6,62	6,525	5,625	-39,535	-3,783	33,786
2	6,62	6,525	5,625	-39,538	-3,747	33,786
2	7,72	7,612	5,813	-38,343	1,335	35,117
2	7,72	7,612	5,813	-38,344	1,295	35,117
2	8,83	8,700	6,000	-37,147	6,381	30,880
2	8,83	8,700	6,000	-37,145	-6,394	30,880
3	1,10	9,787	5,813	-38,334	-1,312	35,130
3	1,10	9,787	5,813	-38,333	-1,340	35,130
3	2,21	10,875	5,625	-39,524	3,747	33,801
3	2,21	10,875	5,625	-39,521	3,777	33,801
3	3,31	11,962	5,438	-40,710	8,859	26,833
3	3,31	11,962	5,438	-40,717	8,829	26,833
3	4,41	13,050	5,250	-41,908	13,917	14,276
3	4,41	13,050	5,250	-41,897	13,948	14,276
3	5,52	14,137	5,063	-43,087	19,030	-3,911
3	5,52	14,137	5,063	-43,101	18,998	-3,911
3	6,62	15,225	4,875	-44,291	24,086	-27,696
3	6,62	15,225	4,875	-44,270	24,125	-27,696

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	-45,460	29,212	-57,137
3	7,73	16,313	4,688	-45,491	29,165	-57,137
3	8,83	17,400	4,500	-46,680	34,248	-92,114
3	8,83	17,400	4,500	-41,702	-40,161	-92,114
4	1,13	17,400	3,375	-41,702	-42,129	-45,826
4	1,13	17,400	3,375	-41,702	-42,129	-45,826
4	2,25	17,400	2,250	-41,702	-44,098	2,677
4	2,25	17,400	2,250	-41,702	-44,098	2,677
4	3,38	17,400	1,125	-41,702	-46,067	53,395
4	3,38	17,400	1,125	-41,702	-46,067	53,395
4	4,50	17,400	0,000	-41,702	-48,036	106,328

1.10 Reacciones

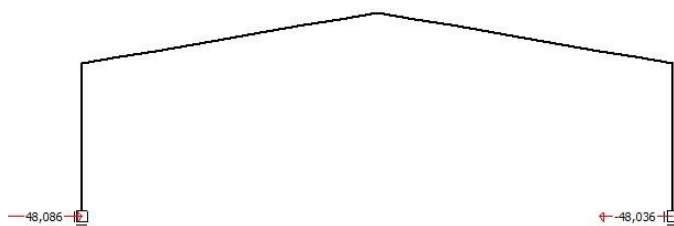


Figura 1.10.1- Reacciones horizontales

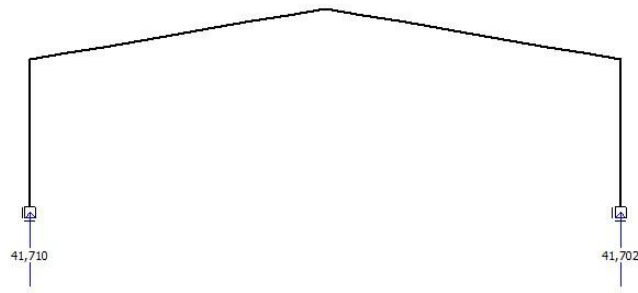


Figura 1.10.2- Reacciones verticales

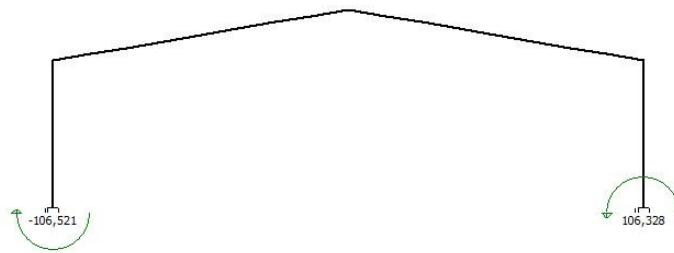


Figura 1.10.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	48,086	41,710	-106,521
2	17,40	0,000	-48,036	41,702	106,328

1.11 Desplazamientos

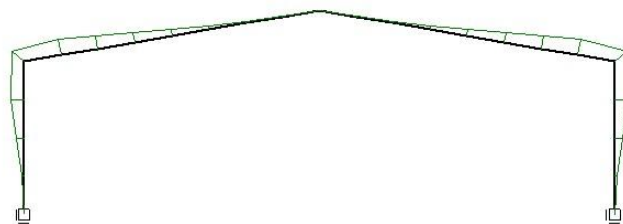


Figura 1.11.1- Desplazamientos horizontales

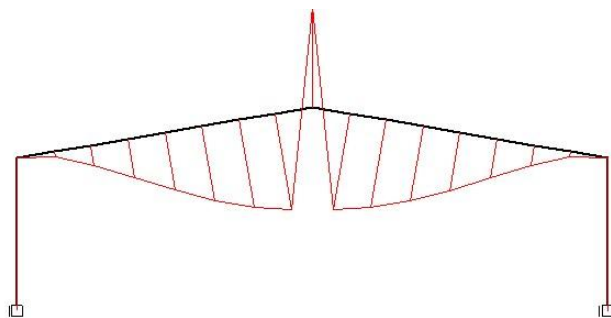


Figura 1.11.2- Desplazamientos verticales

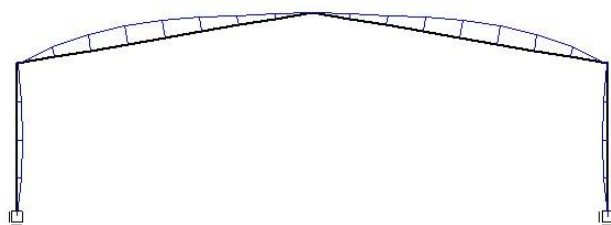


Figura 1.11.3- Giros

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

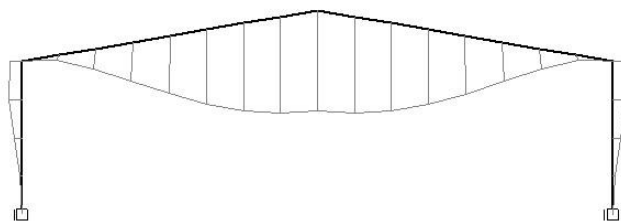


Figura 1.11.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,13	0,000	1,125	-1,113	-0,016	1,782
1	2,25	0,000	2,250	-3,575	-0,031	2,406
1	3,38	0,000	3,375	-6,111	-0,047	1,921
1	4,50	0,000	4,500	-7,501	-0,063	0,378
2	1,10	1,087	4,688	-7,122	-2,526	-4,511
2	2,21	2,175	4,875	-6,034	-9,123	-7,279
2	3,31	3,262	5,063	-4,588	-17,735	-8,292
2	4,41	4,350	5,250	-3,095	-26,672	-7,922
2	5,52	5,438	5,438	-1,763	-34,620	-6,538
2	6,62	6,525	5,625	-0,763	-40,673	-4,511
2	7,72	7,612	5,813	-0,168	-44,340	-2,210
2	8,83	8,700	6,000	-0,002	-45,525	-0,003
3	1,10	9,787	5,813	0,160	-44,348	2,203
3	2,21	10,875	5,625	0,752	-40,683	4,507
3	3,31	11,962	5,438	1,750	-34,633	6,535
3	4,41	13,050	5,250	3,078	-26,687	7,921
3	5,52	14,137	5,063	4,569	-17,758	8,293
3	6,62	15,225	4,875	6,013	-9,135	7,282

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	7,099	-2,533	4,516
3	8,83	17,400	4,500	7,477	-0,063	-0,371
4	1,13	17,400	3,375	6,095	-0,047	-1,914
4	2,25	17,400	2,250	3,567	-0,031	-2,400
4	3,38	17,400	1,125	1,111	-0,016	-1,778
4	4,50	17,400	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN III

1.12 Apoyos/Secciones

1.12.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	4,500	PilarTipo	50408,24
2	8,700	1,500	DintelTipo	16741,07
3	8,700	-1,500	DintelTipo	16741,07
4	0,000	-4,500	PilarTipo	50408,24

1.12.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	17,400	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

1.13 Cargas

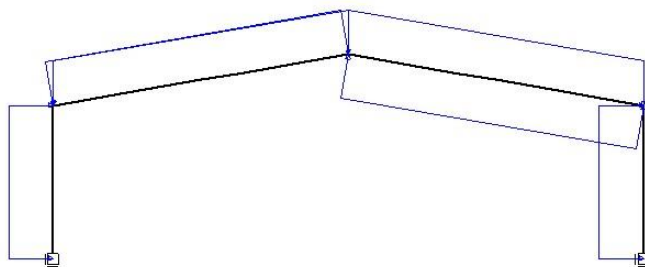


Figura 1.13.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	1,95	1,95	90	4,5	L
2	2	0	q	1,86	1,86	-90	8,83	G
3	2	0	q	2,25	2,25	-90	8,83	G
4	2	0	q	2,77	2,77	-90	8,83	G
5	2	0	q	0,25	0,25	90	8,83	L
6	3	0	q	1,86	1,86	-90	8,83	G
7	3	0	q	2,25	2,25	-90	8,83	G
8	3	0	q	2,77	2,77	-90	8,83	G
9	3	0	q	0,83	0,83	-90	8,83	L
10	4	0	q	1,03	1,03	-90	4,5	L

1.14 Esfuerzos

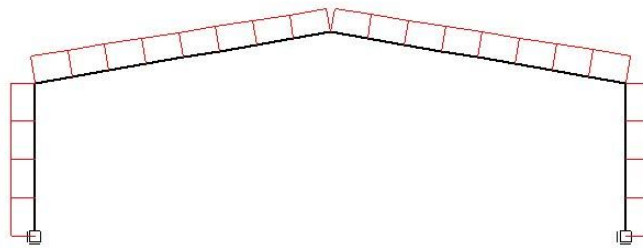


Figura 1.14.1- Esfuerzos axiales

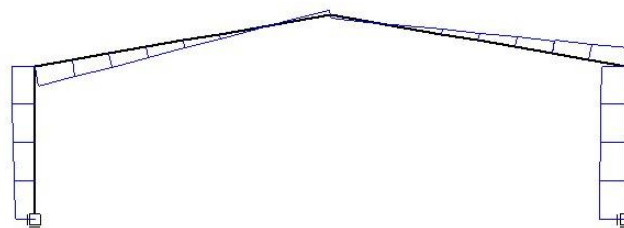


Figura 1.14.2- Esfuerzos cortante

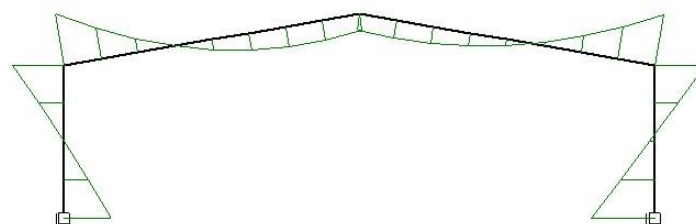


Figura 1.14.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-60,635	49,596	116,165

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

1	1,13	0,000	1,125	-60,635	51,790	59,135
1	1,13	0,000	1,125	-60,635	51,790	59,135
1	2,25	0,000	2,250	-60,635	53,984	-0,363
1	2,25	0,000	2,250	-60,635	53,984	-0,363
1	3,38	0,000	3,375	-60,635	56,178	-62,329
1	3,38	0,000	3,375	-60,635	56,178	-62,329
1	4,50	0,000	4,500	-60,635	58,371	-126,762
1	4,50	0,000	4,500	-67,851	-49,800	-126,762
2	1,10	1,087	4,688	-66,558	-42,046	-76,103
2	1,10	1,087	4,688	-66,514	-42,116	-76,103
2	2,21	2,175	4,875	-65,219	-34,356	-33,892
2	2,21	2,175	4,875	-65,255	-34,287	-33,892
2	3,31	3,262	5,063	-63,962	-26,533	-0,345
2	3,31	3,262	5,063	-63,934	-26,600	-0,345
2	4,41	4,350	5,250	-62,639	-18,840	24,736
2	4,41	4,350	5,250	-62,656	-18,784	24,736
2	5,52	5,438	5,438	-61,362	-11,023	41,192
2	5,52	5,438	5,438	-61,353	-11,068	41,192
2	6,62	6,525	5,625	-60,060	-3,315	49,124
2	6,62	6,525	5,625	-60,063	-3,261	49,124
2	7,72	7,612	5,813	-58,770	4,493	48,444
2	7,72	7,612	5,813	-58,774	4,432	48,444
2	8,83	8,700	6,000	-57,480	12,192	39,269
2	8,83	8,700	6,000	-58,251	-7,709	39,269
3	1,10	9,787	5,813	-59,537	-1,146	44,152
3	1,10	9,787	5,813	-59,536	-1,190	44,152
3	2,21	10,875	5,625	-60,824	5,380	41,838
3	2,21	10,875	5,625	-60,820	5,425	41,838

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	3,31	11,962	5,438	-62,107	11,988	32,235
3	3,31	11,962	5,438	-62,116	11,942	32,235
3	4,41	13,050	5,250	-63,404	18,512	15,422
3	4,41	13,050	5,250	-63,390	18,559	15,422
3	5,52	14,137	5,063	-64,677	25,122	-8,668
3	5,52	14,137	5,063	-64,695	25,075	-8,668
3	6,62	15,225	4,875	-65,983	31,645	-39,980
3	6,62	15,225	4,875	-65,955	31,703	-39,980
3	7,73	16,313	4,688	-67,242	38,272	-78,605
3	7,73	16,313	4,688	-67,283	38,202	-78,605
3	8,83	17,400	4,500	-68,569	44,766	-124,368
3	8,83	17,400	4,500	-55,797	-59,937	-124,368
4	1,13	17,400	3,375	-55,797	-61,096	-56,287
4	1,13	17,400	3,375	-55,797	-61,096	-56,287
4	2,25	17,400	2,250	-55,797	-62,255	13,098
4	2,25	17,400	2,250	-55,797	-62,255	13,098
4	3,38	17,400	1,125	-55,797	-63,413	83,786
4	3,38	17,400	1,125	-55,797	-63,413	83,786
4	4,50	17,400	0,000	-55,797	-64,572	155,778

1.15 Reacciones

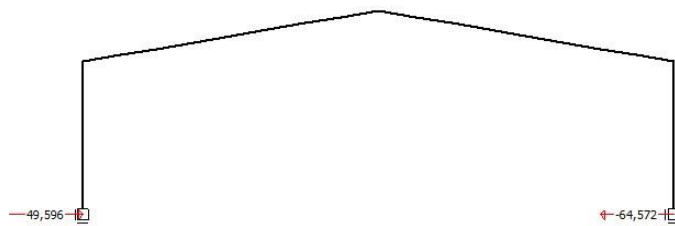


Figura 1.15.1- Reacciones horizontales

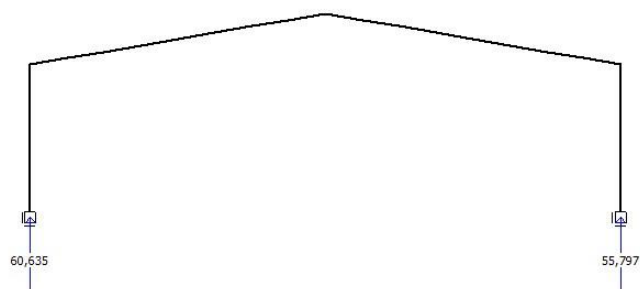


Figura 1.15.2- Reacciones verticales

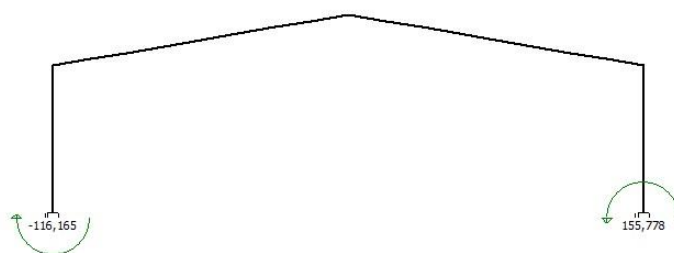


Figura 1.15.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	49,596	60,635	-116,165

2	17,40	0,000	-64,572	55,797	155,778
---	-------	-------	---------	--------	---------

1.16 Desplazamientos

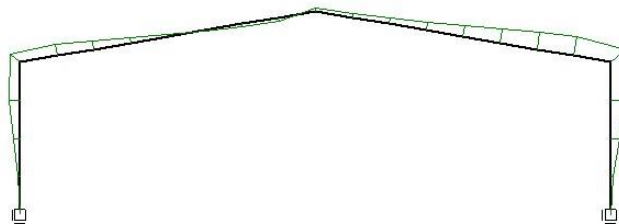


Figura 1.16.1- Desplazamientos horizontales

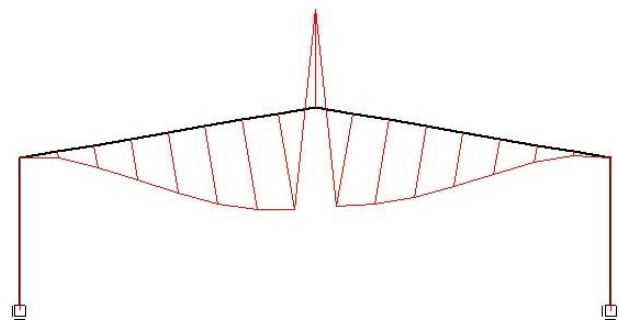


Figura 1.16.2- Desplazamientos verticales

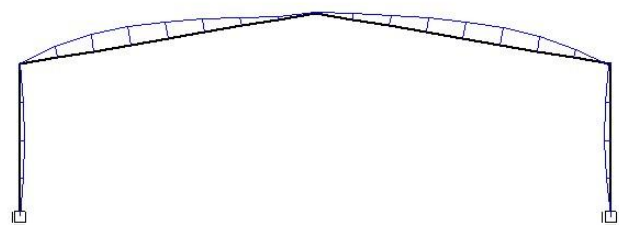


Figura 1.16.3- Giros

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

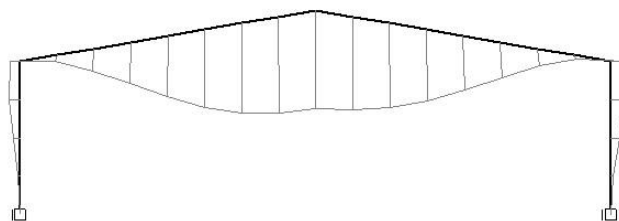


Figura 1.16.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,13	0,000	1,125	-1,222	-0,023	1,961
1	2,25	0,000	2,250	-3,924	-0,046	2,621
1	3,38	0,000	3,375	-6,612	-0,069	1,926
1	4,50	0,000	4,500	-7,729	-0,091	-0,179
2	1,10	1,087	4,688	-7,086	-4,207	-6,816
2	2,21	2,175	4,875	-5,498	-13,834	-10,396
2	3,31	3,262	5,063	-3,471	-25,933	-11,477
2	4,41	4,350	5,250	-1,442	-38,117	-10,625
2	5,52	5,438	5,438	0,303	-48,579	-8,404
2	6,62	6,525	5,625	1,540	-56,129	-5,382
2	7,72	7,612	5,813	2,186	-60,213	-2,121
2	8,83	8,700	6,000	2,241	-60,877	0,818
3	1,10	9,787	5,813	2,589	-58,490	3,606
3	2,21	10,875	5,625	3,478	-52,978	6,482
3	3,31	11,962	5,438	4,868	-44,517	8,962
3	4,41	13,050	5,250	6,657	-33,778	10,573
3	5,52	14,137	5,063	8,618	-21,988	10,835
3	6,62	15,225	4,875	10,473	-10,851	9,271

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	11,816	-2,627	5,401
3	8,83	17,400	4,500	12,184	-0,084	-1,247
4	1,13	17,400	3,375	9,503	-0,063	-3,265
4	2,25	17,400	2,250	5,412	-0,042	-3,750
4	3,38	17,400	1,125	1,653	-0,021	-2,671
4	4,50	17,400	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN IV

1.17 Apoyos/Secciones

1.17.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	4,500	PilarTipo	50408,24
2	8,700	1,500	DintelTipo	16741,07
3	8,700	-1,500	DintelTipo	16741,07
4	0,000	-4,500	PilarTipo	50408,24

1.17.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	17,400	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

1.18 Cargas

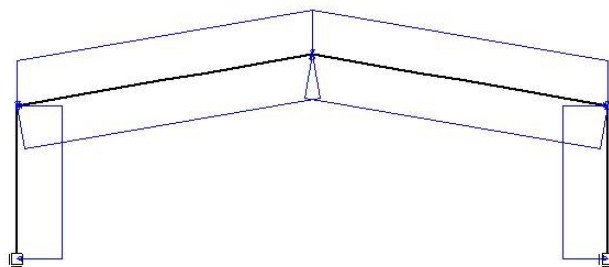


Figura 1.18.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0 q		1,75	1,75	-90	4,5 L	
2	2	0 q		1,86	1,86	-90	8,83 G	
3	2	0 q		2,25	2,25	-90	8,83 G	
4	2	0 q		2,77	2,77	-90	8,83 G	
5	2	0 q		1,66	1,66	-90	8,83 L	
6	3	0 q		1,86	1,86	-90	8,83 G	
7	3	0 q		2,25	2,25	-90	8,83 G	
8	3	0 q		2,77	2,77	-90	8,83 G	
9	3	0 q		1,66	1,66	-90	8,83 L	
10	4	0 q		1,75	1,75	-90	4,5 L	

1.19 Esfuerzos

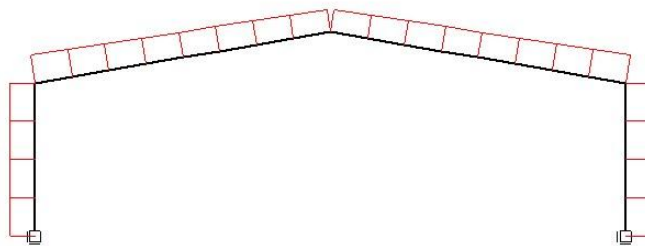


Figura 1.19.1- Esfuerzos axiales

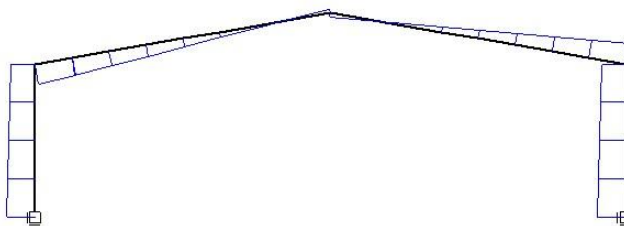


Figura 1.19.2- Esfuerzos cortante

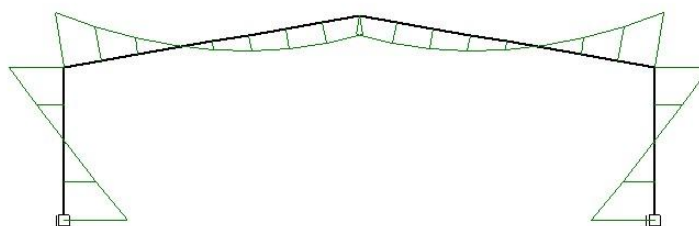


Figura 1.19.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-46,302	52,706	117,383

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

1	1,13	0,000	1,125	-46,302	50,737	59,197
1	1,13	0,000	1,125	-46,302	50,737	59,197
1	2,25	0,000	2,250	-46,302	48,768	3,225
1	2,25	0,000	2,250	-46,302	48,768	3,225
1	3,38	0,000	3,375	-46,302	46,800	-50,532
1	3,38	0,000	3,375	-46,302	46,800	-50,532
1	4,50	0,000	4,500	-46,302	44,831	-102,074
1	4,50	0,000	4,500	-52,066	-37,984	-102,074
2	1,10	1,087	4,688	-50,772	-32,337	-63,287
2	1,10	1,087	4,688	-50,739	-32,390	-63,287
2	2,21	2,175	4,875	-49,444	-26,738	-30,650
2	2,21	2,175	4,875	-49,472	-26,686	-30,650
2	3,31	3,262	5,063	-48,179	-21,039	-4,326
2	3,31	3,262	5,063	-48,157	-21,090	-4,326
2	4,41	4,350	5,250	-46,862	-15,438	15,836
2	4,41	4,350	5,250	-46,876	-15,396	15,836
2	5,52	5,438	5,438	-45,581	-9,744	29,715
2	5,52	5,438	5,438	-45,574	-9,777	29,715
2	6,62	6,525	5,625	-44,281	-4,131	37,385
2	6,62	6,525	5,625	-44,285	-4,091	37,385
2	7,72	7,612	5,813	-42,991	1,556	38,784
2	7,72	7,612	5,813	-42,993	1,511	38,784
2	8,83	8,700	6,000	-41,698	7,162	33,996
2	8,83	8,700	6,000	-41,696	-7,177	33,996
3	1,10	9,787	5,813	-42,982	-1,530	38,798
3	1,10	9,787	5,813	-42,981	-1,562	38,798
3	2,21	10,875	5,625	-44,269	4,092	37,401
3	2,21	10,875	5,625	-44,266	4,125	37,401

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	3,31	11,962	5,438	-45,553	9,772	29,737
3	3,31	11,962	5,438	-45,560	9,739	29,737
3	4,41	13,050	5,250	-46,848	15,392	15,864
3	4,41	13,050	5,250	-46,836	15,427	15,864
3	5,52	14,137	5,063	-48,123	21,074	-4,266
3	5,52	14,137	5,063	-48,138	21,039	-4,266
3	6,62	15,225	4,875	-49,426	26,692	-30,617
3	6,62	15,225	4,875	-49,403	26,736	-30,617
3	7,73	16,313	4,688	-50,690	32,389	-63,253
3	7,73	16,313	4,688	-50,724	32,336	-63,253
3	8,83	17,400	4,500	-52,011	37,985	-102,040
3	8,83	17,400	4,500	-46,293	-44,777	-102,040
4	1,13	17,400	3,375	-46,293	-46,745	-50,558
4	1,13	17,400	3,375	-46,293	-46,745	-50,558
4	2,25	17,400	2,250	-46,293	-48,714	3,137
4	2,25	17,400	2,250	-46,293	-48,714	3,137
4	3,38	17,400	1,125	-46,293	-50,683	59,048
4	3,38	17,400	1,125	-46,293	-50,683	59,048
4	4,50	17,400	0,000	-46,293	-52,652	117,174

1.20 Reacciones

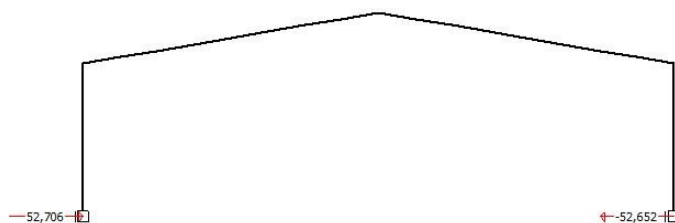


Figura 1.20.1- Reacciones horizontales

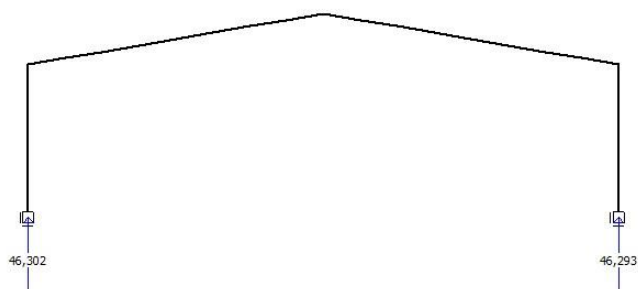


Figura 1.20.2- Reacciones verticales

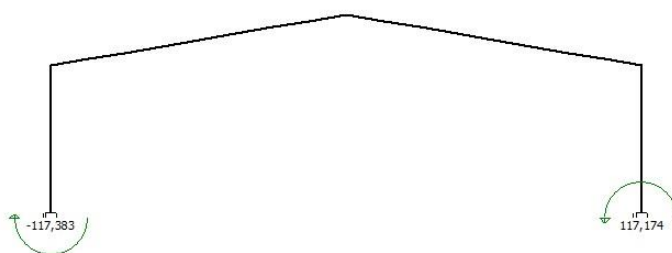


Figura 1.20.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	52,706	46,302	-117,383

2	17,40	0,000	-52,652	46,293	117,174
---	-------	-------	---------	--------	---------

1.21 Desplazamientos

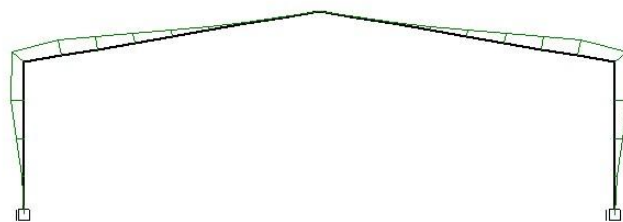


Figura 1.21.1- Desplazamientos horizontales

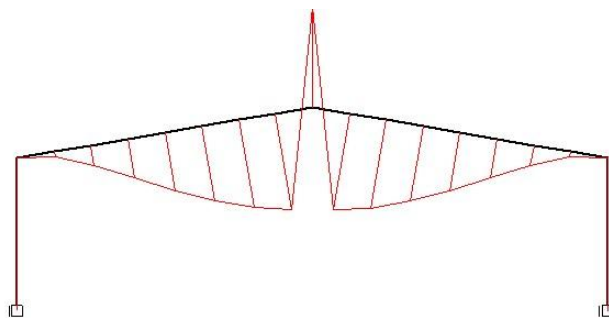


Figura 1.21.2- Desplazamientos verticales

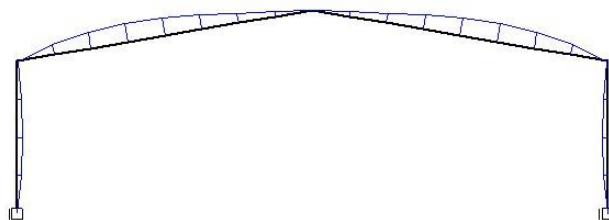


Figura 1.21.3- Giros

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

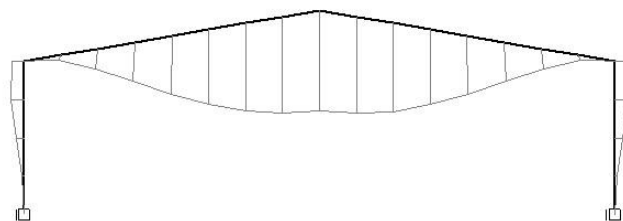


Figura 1.21.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,13	0,000	1,125	-1,228	-0,017	1,966
1	2,25	0,000	2,250	-3,947	-0,035	2,659
1	3,38	0,000	3,375	-6,751	-0,052	2,127
1	4,50	0,000	4,500	-8,291	-0,070	0,420
2	1,10	1,087	4,688	-7,872	-2,796	-4,994
2	2,21	2,175	4,875	-6,667	-10,100	-8,057
2	3,31	3,262	5,063	-5,068	-19,631	-9,175
2	4,41	4,350	5,250	-3,417	-29,518	-8,762
2	5,52	5,438	5,438	-1,945	-38,305	-7,225
2	6,62	6,525	5,625	-0,840	-44,992	-4,981
2	7,72	7,612	5,813	-0,184	-49,039	-2,437
2	8,83	8,700	6,000	-0,002	-50,345	-0,003
3	1,10	9,787	5,813	0,176	-49,048	2,429
3	2,21	10,875	5,625	0,828	-45,003	4,976
3	3,31	11,962	5,438	1,930	-38,319	7,222
3	4,41	13,050	5,250	3,399	-29,533	8,760
3	5,52	14,137	5,063	5,047	-19,656	9,177
3	6,62	15,225	4,875	6,644	-10,113	8,061

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	7,847	-2,804	5,000
3	8,83	17,400	4,500	8,265	-0,070	-0,412
4	1,13	17,400	3,375	6,734	-0,052	-2,119
4	2,25	17,400	2,250	3,938	-0,035	-2,652
4	3,38	17,400	1,125	1,225	-0,017	-1,962
4	4,50	17,400	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN V

1.22 Apoyos/Secciones

1.22.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	4,500	PilarTipo	50408,24
2	8,700	1,500	DintelTipo	16741,07
3	8,700	-1,500	DintelTipo	16741,07
4	0,000	-4,500	PilarTipo	50408,24

1.22.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	17,400	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

1.23 Cargas

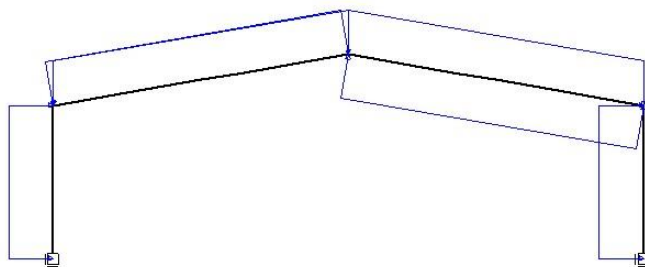


Figura 1.23.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	3,25	3,25	90	4,5	L
2	2	0	q	1,86	1,86	-90	8,83	G
3	2	0	q	2,25	2,25	-90	8,83	G
4	2	0	q	0,42	0,42	90	8,83	L
5	3	0	q	1,86	1,86	-90	8,83	G
6	3	0	q	2,25	2,25	-90	8,83	G
7	3	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	L
8	4	0	q	1,72	1,72	-90	4,5	L

1.24 Esfuerzos

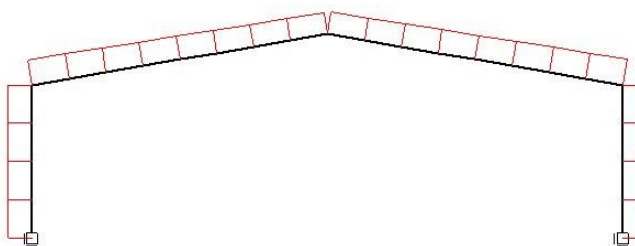


Figura 1.24.1- Esfuerzos axiales

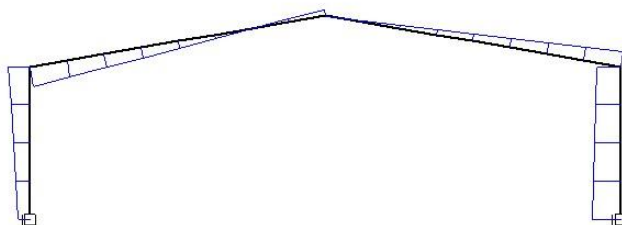


Figura 1.24.2- Esfuerzos cortante

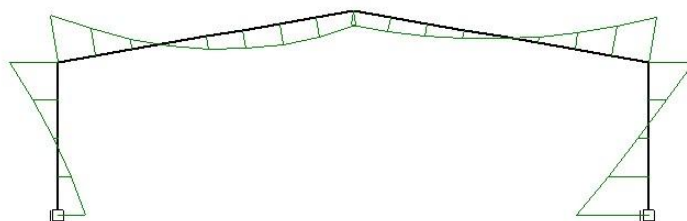


Figura 1.24.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-36,136	17,325	39,995
1	1,13	0,000	1,125	-36,136	20,982	18,448
1	1,13	0,000	1,125	-36,136	20,982	18,448
1	2,25	0,000	2,250	-36,136	24,638	-7,213
1	2,25	0,000	2,250	-36,136	24,638	-7,213
1	3,38	0,000	3,375	-36,136	28,294	-36,987
1	3,38	0,000	3,375	-36,136	28,294	-36,987
1	4,50	0,000	4,500	-36,136	31,950	-70,875
1	4,50	0,000	4,500	-37,641	-30,162	-70,875

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	1,10	1,087	4,688	-36,869	-25,231	-40,322
2	1,10	1,087	4,688	-36,842	-25,270	-40,322
2	2,21	2,175	4,875	-36,069	-20,335	-15,149
2	2,21	2,175	4,875	-36,090	-20,297	-15,149
2	3,31	3,262	5,063	-35,317	-15,366	4,522
2	3,31	3,262	5,063	-35,301	-15,403	4,522
2	4,41	4,350	5,250	-34,528	-10,469	18,803
2	4,41	4,350	5,250	-34,537	-10,438	18,803
2	5,52	5,438	5,438	-33,764	-5,503	27,604
2	5,52	5,438	5,438	-33,760	-5,528	27,604
2	6,62	6,525	5,625	-32,987	-0,598	30,982
2	6,62	6,525	5,625	-32,988	-0,568	30,982
2	7,72	7,612	5,813	-32,215	4,363	28,889
2	7,72	7,612	5,813	-32,220	4,329	28,889
2	8,83	8,700	6,000	-31,447	9,264	21,386
2	8,83	8,700	6,000	-32,735	-1,773	21,386
3	1,10	9,787	5,813	-33,503	1,173	21,717
3	1,10	9,787	5,813	-33,504	1,148	21,717
3	2,21	10,875	5,625	-34,273	4,097	18,822
3	2,21	10,875	5,625	-34,270	4,122	18,822
3	3,31	11,962	5,438	-35,039	7,067	12,651
3	3,31	11,962	5,438	-35,044	7,041	12,651
3	4,41	13,050	5,250	-35,814	9,990	3,248
3	4,41	13,050	5,250	-35,806	10,017	3,248
3	5,52	14,137	5,063	-36,575	12,962	-9,424
3	5,52	14,137	5,063	-36,584	12,935	-9,424
3	6,62	15,225	4,875	-37,354	15,884	-25,333
3	6,62	15,225	4,875	-37,339	15,917	-25,333

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	-38,109	18,865	-44,532
3	7,73	16,313	4,688	-38,128	18,825	-44,532
3	8,83	17,400	4,500	-38,897	21,771	-66,924
3	8,83	17,400	4,500	-28,081	-34,618	-66,924
4	1,13	17,400	3,375	-28,081	-36,553	-26,890
4	1,13	17,400	3,375	-28,081	-36,553	-26,890
4	2,25	17,400	2,250	-28,081	-38,488	15,320
4	2,25	17,400	2,250	-28,081	-38,488	15,320
4	3,38	17,400	1,125	-28,081	-40,423	59,707
4	3,38	17,400	1,125	-28,081	-40,423	59,707
4	4,50	17,400	0,000	-28,081	-42,358	106,272

1.25 Reacciones

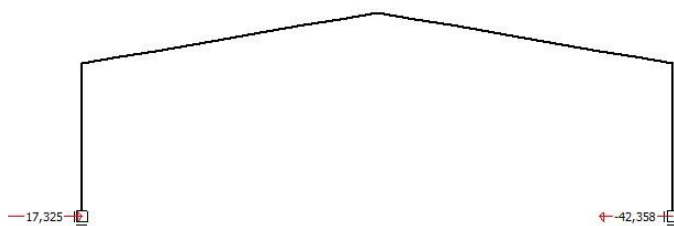


Figura 1.25.1- Reacciones horizontales

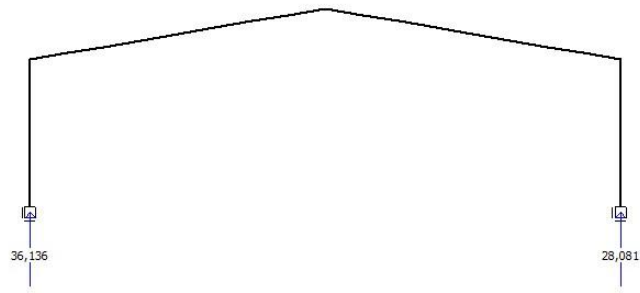


Figura 1.25.2- Reacciones verticales

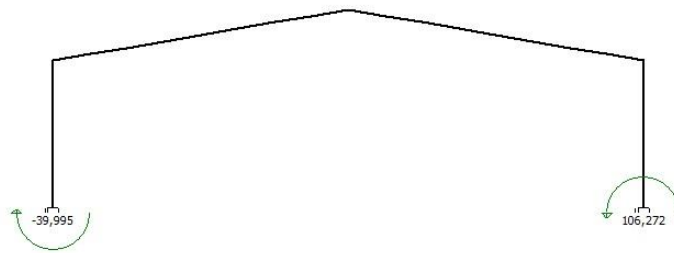


Figura 1.25.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	17,325	36,136	-39,995
2	17,40	0,000	-42,358	28,081	106,272

1.26 Desplazamientos

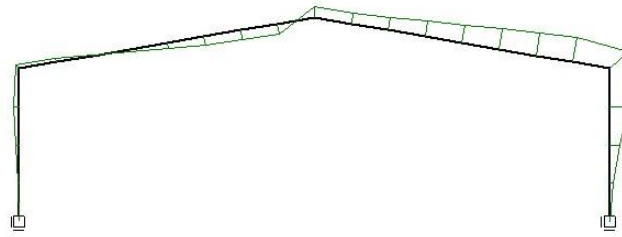


Figura 1.26.1- Desplazamientos horizontales

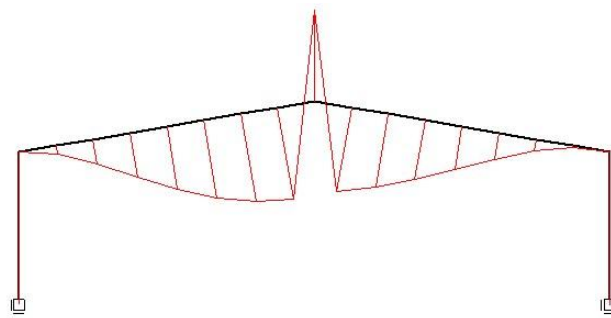


Figura 1.26.2- Desplazamientos verticales

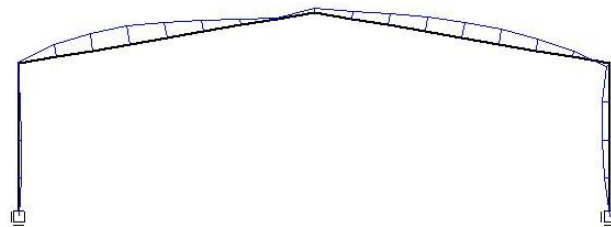


Figura 1.26.3- Giros

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

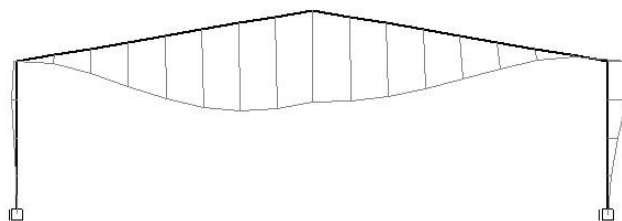


Figura 1.26.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,13	0,000	1,125	-0,416	-0,014	0,660
1	2,25	0,000	2,250	-1,287	-0,027	0,793
1	3,38	0,000	3,375	-1,968	-0,041	0,307
1	4,50	0,000	4,500	-1,712	-0,054	-0,889
2	1,10	1,087	4,688	-1,209	-3,184	-4,522
2	2,21	2,175	4,875	-0,205	-9,240	-6,321
2	3,31	3,262	5,063	0,999	-16,409	-6,642
2	4,41	4,350	5,250	2,146	-23,292	-5,843
2	5,52	5,438	5,438	3,073	-28,858	-4,282
2	6,62	6,525	5,625	3,662	-32,474	-2,323
2	7,72	7,612	5,813	3,876	-33,903	-0,320
2	8,83	8,700	6,000	3,739	-33,294	1,367
3	1,10	9,787	5,813	4,094	-31,022	2,805
3	2,21	10,875	5,625	4,717	-27,210	4,160
3	3,31	11,962	5,438	5,564	-22,072	5,214
3	4,41	13,050	5,250	6,569	-16,041	5,757
3	5,52	14,137	5,063	7,604	-9,802	5,571
3	6,62	15,225	4,875	8,523	-4,253	4,443

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	9,121	-0,541	2,157
3	8,83	17,400	4,500	9,167	-0,042	-1,497
4	1,13	17,400	3,375	6,807	-0,032	-2,548
4	2,25	17,400	2,250	3,778	-0,021	-2,681
4	3,38	17,400	1,125	1,137	-0,011	-1,848
4	4,50	17,400	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN VI

1.27 Apoyos/Secciones

1.27.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	4,500	PilarTipo	50408,24
2	8,700	1,500	DintelTipo	16741,07
3	8,700	-1,500	DintelTipo	16741,07
4	0,000	-4,500	PilarTipo	50408,24

1.27.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	17,400	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

1.28 Cargas

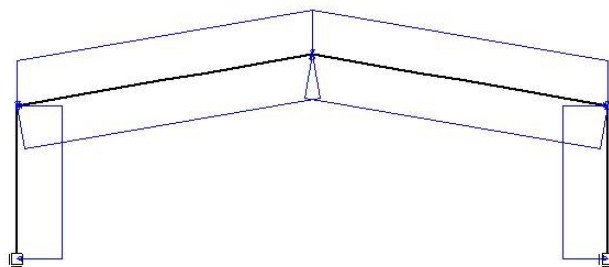


Figura 1.28.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	2,91	2,91	-90	4,5	L
2	2	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G
3	2	0	q	2,77	2,77	-90	8,83	L
4	3	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G
5	3	0	q	2,77	2,77	-90	8,83	L
6	4	0	q	2,31	2,31	-90	4,5	L

1.29 Esfuerzos

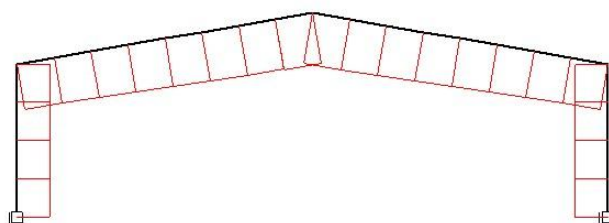


Figura 1.29.1- Esfuerzos axiales

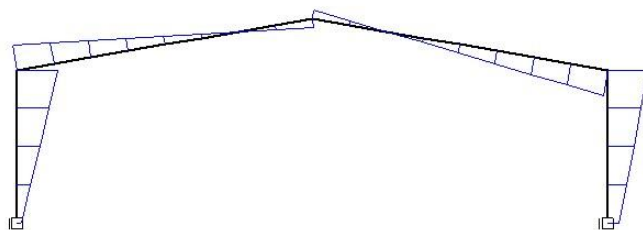


Figura 1.29.2- Esfuerzos cortante

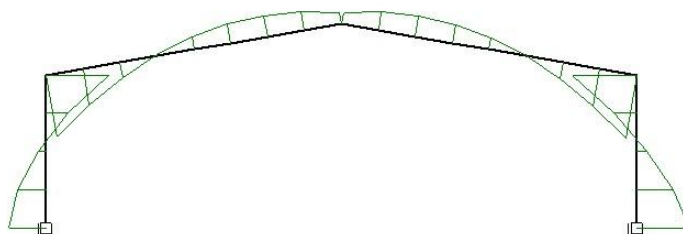


Figura 1.29.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	11,876	-1,472	-13,645
1	1,13	0,000	1,125	11,876	-4,745	-10,148
1	1,13	0,000	1,125	11,876	-4,745	-10,148
1	2,25	0,000	2,250	11,876	-8,019	-2,968
1	2,25	0,000	2,250	11,876	-8,019	-2,968
1	3,38	0,000	3,375	11,876	-11,293	7,895
1	3,38	0,000	3,375	11,876	-11,293	7,895
1	4,50	0,000	4,500	11,876	-14,567	22,441
1	4,50	0,000	4,500	16,377	9,220	22,441
2	1,10	1,087	4,688	16,637	7,664	13,129

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	1,10	1,087	4,688	16,629	7,681	13,129
2	2,21	2,175	4,875	16,888	6,125	5,508
2	2,21	2,175	4,875	16,895	6,107	5,508
2	3,31	3,262	5,063	17,154	4,551	-0,370
2	3,31	3,262	5,063	17,150	4,569	-0,370
2	4,41	4,350	5,250	17,409	3,012	-4,555
2	4,41	4,350	5,250	17,412	2,997	-4,555
2	5,52	5,438	5,438	17,672	1,440	-7,004
2	5,52	5,438	5,438	17,670	1,453	-7,004
2	6,62	6,525	5,625	17,930	-0,103	-7,749
2	6,62	6,525	5,625	17,930	-0,119	-7,749
2	7,72	7,612	5,813	18,189	-1,674	-6,760
2	7,72	7,612	5,813	18,191	-1,655	-6,760
2	8,83	8,700	6,000	18,451	-3,212	-4,074
2	8,83	8,700	6,000	18,464	3,136	-4,074
3	1,10	9,787	5,813	18,206	1,580	-6,675
3	1,10	9,787	5,813	18,204	1,594	-6,675
3	2,21	10,875	5,625	17,946	0,037	-7,575
3	2,21	10,875	5,625	17,946	0,024	-7,575
3	3,31	11,962	5,438	17,688	-1,531	-6,744
3	3,31	11,962	5,438	17,689	-1,518	-6,744
3	4,41	13,050	5,250	17,431	-3,075	-4,208
3	4,41	13,050	5,250	17,429	-3,088	-4,208
3	5,52	14,137	5,063	17,171	-4,643	0,055
3	5,52	14,137	5,063	17,174	-4,630	0,055
3	6,62	15,225	4,875	16,916	-6,187	6,027
3	6,62	15,225	4,875	16,910	-6,202	6,027
3	7,73	16,313	4,688	16,652	-7,759	13,733

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	16,660	-7,741	13,733
3	8,83	17,400	4,500	16,402	-9,297	23,131
3	8,83	17,400	4,500	11,956	14,578	23,131
4	1,13	17,400	3,375	11,956	11,979	8,193
4	1,13	17,400	3,375	11,956	11,979	8,193
4	2,25	17,400	2,250	11,956	9,380	-3,821
4	2,25	17,400	2,250	11,956	9,380	-3,821
4	3,38	17,400	1,125	11,956	6,781	-12,912
4	3,38	17,400	1,125	11,956	6,781	-12,912
4	4,50	17,400	0,000	11,956	4,183	-19,079

1.30 Reacciones

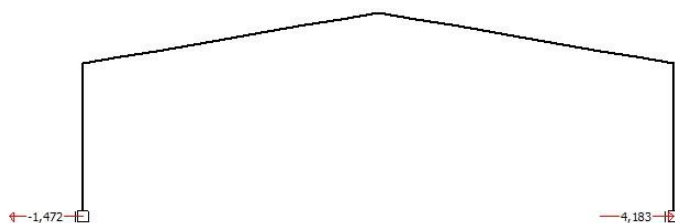


Figura 1.30.1- Reacciones horizontales

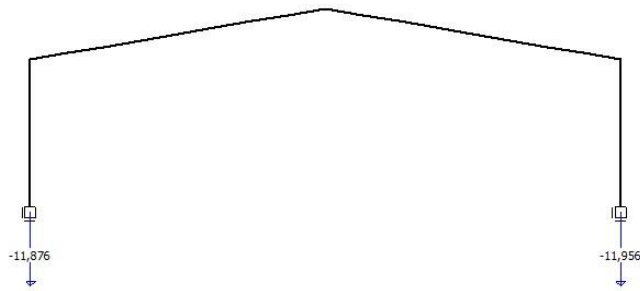


Figura 1.30.2- Reacciones verticales

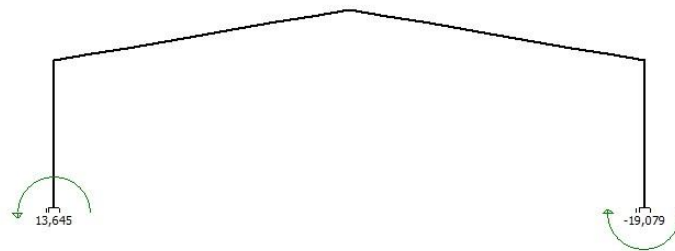


Figura 1.30.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	-1,472	-11,876	13,645
2	17,40	0,000	4,183	-11,956	-19,079

1.31 Desplazamientos

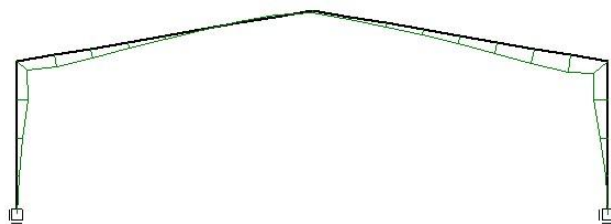


Figura 1.31.1- Desplazamientos horizontales

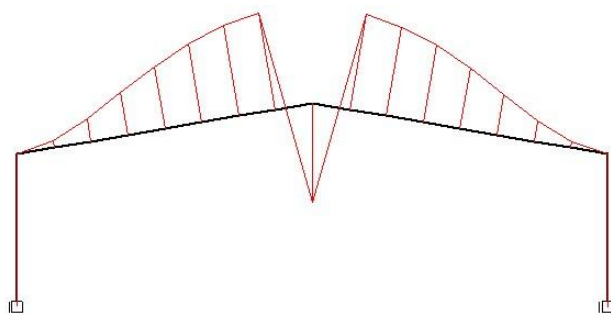


Figura 1.31.2- Desplazamientos verticales

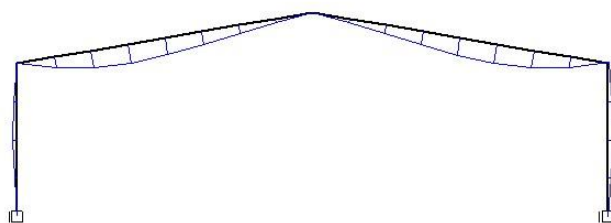


Figura 1.31.3- Giros

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

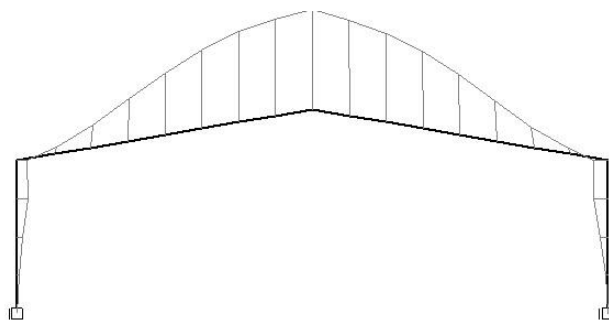


Figura 1.31.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,13	0,000	1,125	0,161	0,004	-0,272
1	2,25	0,000	2,250	0,568	0,009	-0,426
1	3,38	0,000	3,375	1,043	0,013	-0,377
1	4,50	0,000	4,500	1,311	0,018	-0,046
2	1,10	1,087	4,688	1,218	0,658	1,117
2	2,21	2,175	4,875	0,962	2,251	1,722
2	3,31	3,262	5,063	0,634	4,248	1,882
2	4,41	4,350	5,250	0,312	6,230	1,710
2	5,52	5,438	5,438	0,042	7,895	1,319
2	6,62	6,525	5,625	-0,140	9,067	0,824
2	7,72	7,612	5,813	-0,230	9,695	0,336
2	8,83	8,700	6,000	-0,237	9,849	-0,030
3	1,10	9,787	5,813	-0,256	9,630	-0,394
3	2,21	10,875	5,625	-0,356	8,943	-0,873
3	3,31	11,962	5,438	-0,547	7,725	-1,354
3	4,41	13,050	5,250	-0,822	6,031	-1,725
3	5,52	14,137	5,063	-1,146	4,048	-1,871
3	6,62	15,225	4,875	-1,469	2,078	-1,680

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	-1,714	0,550	-1,038
3	8,83	17,400	4,500	-1,789	0,018	0,167
4	1,13	17,400	3,375	-1,376	0,014	0,511
4	2,25	17,400	2,250	-0,752	0,009	0,555
4	3,38	17,400	1,125	-0,217	0,005	0,362
4	4,50	17,400	0,000	0,000	0,000	0,000

**RESULTADOS DE LAS COMBINACIONES DE ACCIONES CON LAS CARGAS
SIN MAYORAR**

2 Análisis - PorticoADosAguas

2.1 Geometría

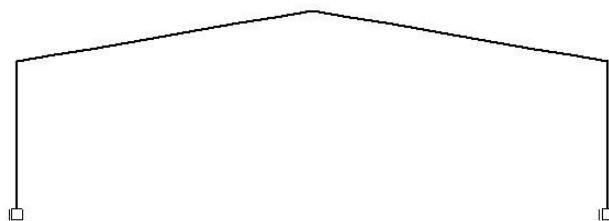


Figura 2.1.1- Detalle estructura

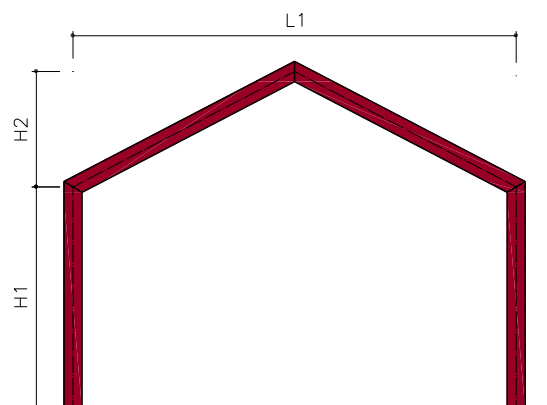


Figura 2.1.2- Esquema estructura

Variable	Valor
L1	17,4
H1	4,5
H2	1,5

COMBINACIÓN I

2.2 Apoyos/Secciones

2.2.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	4,500	IPE_330_S-275	23583,91
2	8,700	1,500	IPE_330_S-275	23583,91
3	8,700	-1,500	IPE_330_S-275	23583,91
4	0,000	-4,500	IPE_330_S-275	23583,91

2.2.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
----------	-------	-------	-----------	-----------	--------------

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	17,400	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

2.3 Cargas

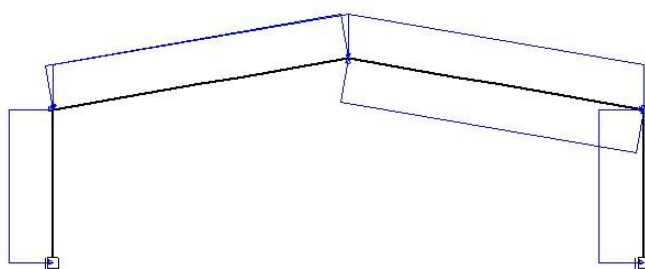


Figura 2.3.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	1,3	1,3	90	4,5	L
2	2	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G
3	2	0	q	3	3	-90	8,83	G
4	2	0	q	0,17	0,17	90	8,83	L
5	3	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G
6	3	0	q	3	3	-90	8,83	G
7	3	0	q	0,55	0,55	-90	8,83	L
8	4	0	q	0,69	0,69	-90	4,5	L

2.4 Esfuerzos

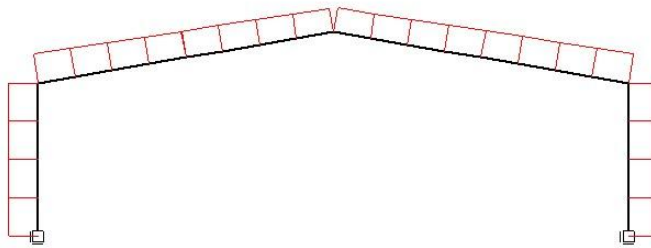


Figura 2.4.1- Esfuerzos axiales

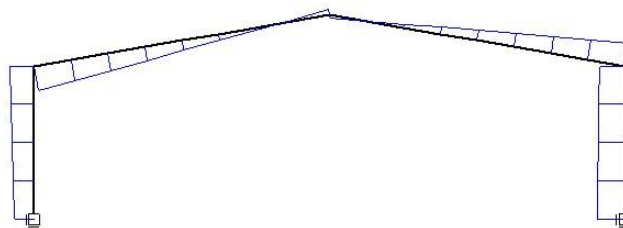


Figura 2.4.2- Esfuerzos cortante

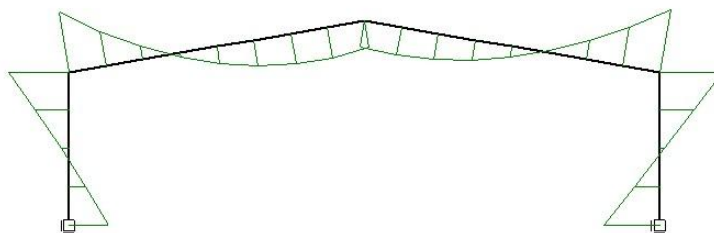


Figura 2.4.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-38,380	25,426	49,784

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

1	1,13	0,000	1,125	-38,380	26,889	20,357
1	1,13	0,000	1,125	-38,380	26,889	20,357
1	2,25	0,000	2,250	-38,380	28,351	-10,716
1	2,25	0,000	2,250	-38,380	28,351	-10,716
1	3,38	0,000	3,375	-38,380	29,814	-43,434
1	3,38	0,000	3,375	-38,380	29,814	-43,434
1	4,50	0,000	4,500	-38,380	31,276	-77,797
1	4,50	0,000	4,500	-37,360	-32,488	-77,797
2	1,10	1,087	4,688	-36,536	-27,540	-44,687
2	1,10	1,087	4,688	-36,507	-27,578	-44,687
2	2,21	2,175	4,875	-35,683	-22,626	-16,976
2	2,21	2,175	4,875	-35,707	-22,588	-16,976
2	3,31	3,262	5,063	-34,884	-17,640	5,213
2	3,31	3,262	5,063	-34,865	-17,676	5,213
2	4,41	4,350	5,250	-34,041	-12,724	21,993
2	4,41	4,350	5,250	-34,052	-12,694	21,993
2	5,52	5,438	5,438	-33,228	-7,741	33,274
2	5,52	5,438	5,438	-33,223	-7,765	33,274
2	6,62	6,525	5,625	-32,399	-2,817	39,111
2	6,62	6,525	5,625	-32,402	-2,789	39,111
2	7,72	7,612	5,813	-31,578	2,160	39,457
2	7,72	7,612	5,813	-31,581	2,127	39,457
2	8,83	8,700	6,000	-30,756	7,079	34,376
2	8,83	8,700	6,000	-31,355	-3,601	34,376
3	1,10	9,787	5,813	-32,174	0,553	36,056
3	1,10	9,787	5,813	-32,174	0,530	36,056
3	2,21	10,875	5,625	-32,994	4,688	33,176
3	2,21	10,875	5,625	-32,990	4,713	33,176

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	3,31	11,962	5,438	-33,810	8,867	25,686
3	3,31	11,962	5,438	-33,816	8,842	25,686
3	4,41	13,050	5,250	-34,636	13,001	13,628
3	4,41	13,050	5,250	-34,626	13,027	13,628
3	5,52	14,137	5,063	-35,445	17,181	-3,031
3	5,52	14,137	5,063	-35,458	17,155	-3,031
3	6,62	15,225	4,875	-36,278	21,314	-24,268
3	6,62	15,225	4,875	-36,259	21,346	-24,268
3	7,73	16,313	4,688	-37,079	25,504	-50,129
3	7,73	16,313	4,688	-37,105	25,465	-50,129
3	8,83	17,400	4,500	-37,925	29,620	-80,512
3	8,83	17,400	4,500	-35,650	-32,322	-80,512
4	1,13	17,400	3,375	-35,650	-33,098	-43,713
4	1,13	17,400	3,375	-35,650	-33,098	-43,713
4	2,25	17,400	2,250	-35,650	-33,874	-6,041
4	2,25	17,400	2,250	-35,650	-33,874	-6,041
4	3,38	17,400	1,125	-35,650	-34,651	32,504
4	3,38	17,400	1,125	-35,650	-34,651	32,504
4	4,50	17,400	0,000	-35,650	-35,427	71,922

2.5 Reacciones

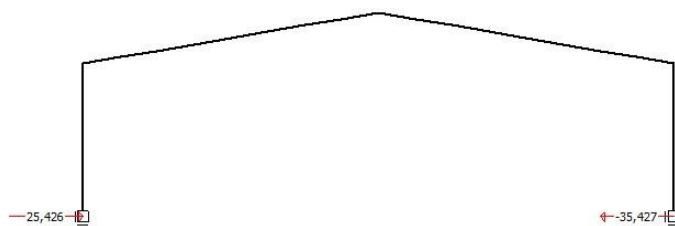


Figura 2.5.1- Reacciones horizontales

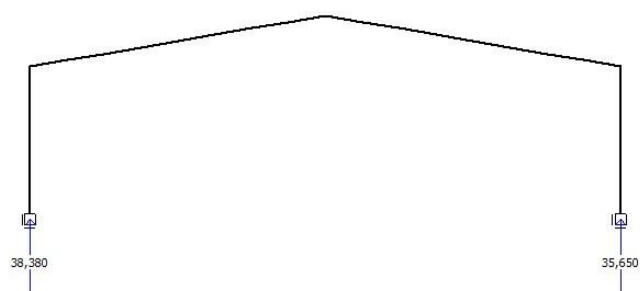


Figura 2.5.2- Reacciones verticales

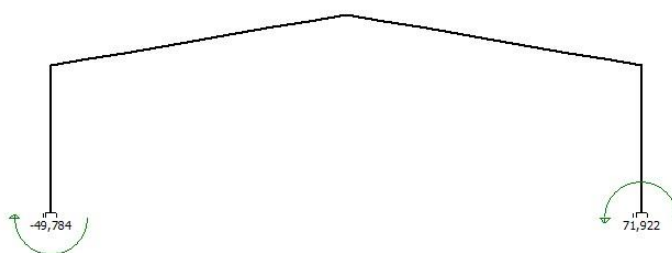


Figura 2.5.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	25,426	38,380	-49,784

2	17,40	0,000	-35,427	35,650	71,922
---	-------	-------	---------	--------	--------

2.6 Desplazamientos

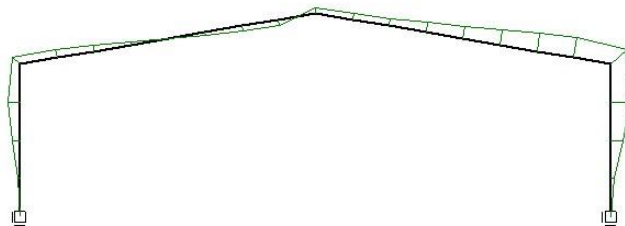


Figura 2.6.1- Desplazamientos horizontales

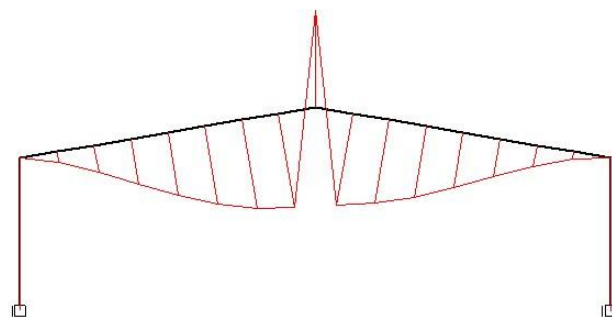


Figura 2.6.2- Desplazamientos verticales

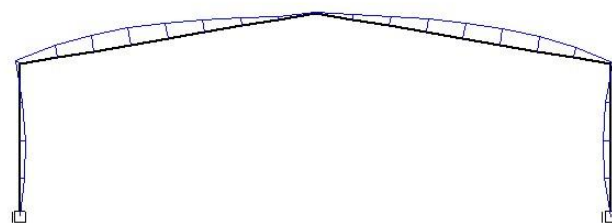


Figura 2.6.3- Giros

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

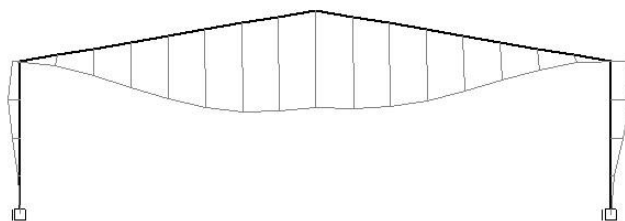


Figura 2.6.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,13	0,000	1,125	-1,076	-0,034	1,679
1	2,25	0,000	2,250	-3,238	-0,069	1,916
1	3,38	0,000	3,375	-4,817	-0,103	0,631
1	4,50	0,000	4,500	-4,057	-0,138	-2,254
2	1,10	1,087	4,688	-3,373	-4,279	-5,097
2	2,21	2,175	4,875	-2,298	-10,721	-6,519
2	3,31	3,262	5,063	-1,062	-18,045	-6,773
2	4,41	4,350	5,250	0,126	-25,132	-6,115
2	5,52	5,438	5,438	1,132	-31,122	-4,800
2	6,62	6,525	5,625	1,846	-35,438	-3,086
2	7,72	7,612	5,813	2,225	-37,788	-1,227
2	8,83	8,700	6,000	2,261	-38,154	0,522
3	1,10	9,787	5,813	2,484	-36,684	2,187
3	2,21	10,875	5,625	3,023	-33,396	3,826
3	3,31	11,962	5,438	3,844	-28,443	5,220
3	4,41	13,050	5,250	4,892	-22,197	6,158
3	5,52	14,137	5,063	6,050	-15,283	6,424
3	6,62	15,225	4,875	7,183	-8,537	5,803

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	8,093	-3,046	4,079
3	8,83	17,400	4,500	8,563	-0,128	1,042
4	1,13	17,400	3,375	7,902	-0,096	-1,925
4	2,25	17,400	2,250	4,899	-0,064	-3,115
4	3,38	17,400	1,125	1,575	-0,032	-2,487
4	4,50	17,400	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN II

2.7 Apoyos/Secciones

2.7.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	4,500	IPE_330_S-275	23583,91
2	8,700	1,500	IPE_330_S-275	23583,91
3	8,700	-1,500	IPE_330_S-275	23583,91
4	0,000	-4,500	IPE_330_S-275	23583,91

2.7.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	17,400	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

2.8 Cargas

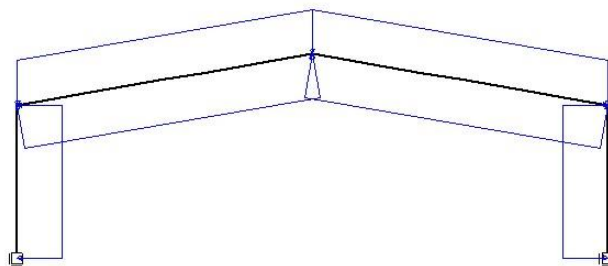


Figura 2.8.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	1,16	1,16	-90	4,5	L
2	2	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G
3	2	0	q	3	3	-90	8,83	G
4	2	0	q	1,11	1,11	-90	8,83	L
5	3	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G
6	3	0	q	3	3	-90	8,83	G
7	3	0	q	1,11	1,11	-90	8,83	L
8	4	0	q	1,16	1,16	-90	4,5	L

2.9 Esfuerzos

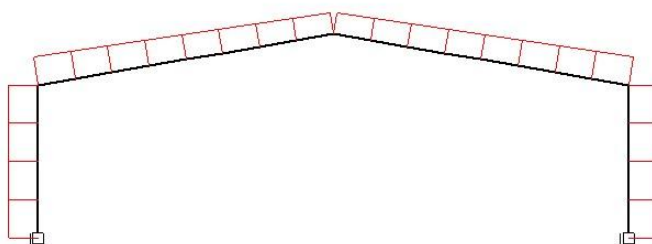


Figura 2.9.1- Esfuerzos axiales

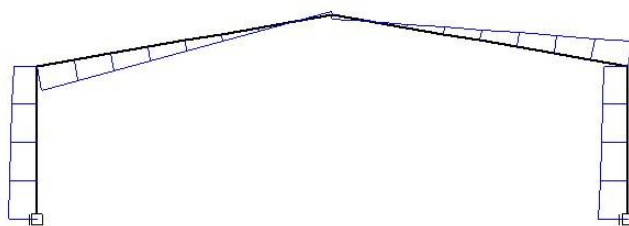


Figura 2.9.2- Esfuerzos cortante

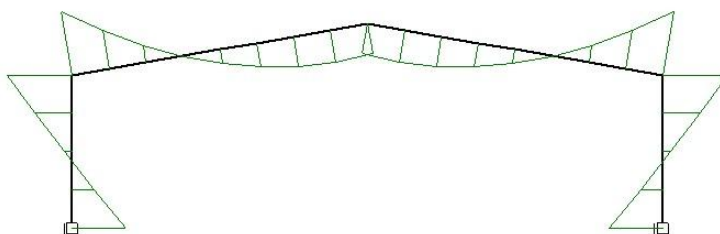


Figura 2.9.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-29,015	28,461	52,880
1	1,13	0,000	1,125	-29,015	27,156	21,596
1	1,13	0,000	1,125	-29,015	27,156	21,596
1	2,25	0,000	2,250	-29,015	25,851	-8,220
1	2,25	0,000	2,250	-29,015	25,851	-8,220
1	3,38	0,000	3,375	-29,015	24,546	-36,568
1	3,38	0,000	3,375	-29,015	24,546	-36,568
1	4,50	0,000	4,500	-29,015	23,241	-63,447
1	4,50	0,000	4,500	-27,845	-24,630	-63,447
2	1,10	1,087	4,688	-27,022	-21,094	-38,228

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	1,10	1,087	4,688	-27,000	-21,122	-38,228
2	2,21	2,175	4,875	-26,176	-17,583	-16,864
2	2,21	2,175	4,875	-26,194	-17,555	-16,864
2	3,31	3,262	5,063	-25,371	-14,019	0,552
2	3,31	3,262	5,063	-25,356	-14,045	0,552
2	4,41	4,350	5,250	-24,532	-10,506	14,103
2	4,41	4,350	5,250	-24,541	-10,484	14,103
2	5,52	5,438	5,438	-23,717	-6,944	23,725
2	5,52	5,438	5,438	-23,712	-6,962	23,725
2	6,62	6,525	5,625	-22,889	-3,426	29,453
2	6,62	6,525	5,625	-22,892	-3,405	29,453
2	7,72	7,612	5,813	-22,068	0,131	31,259
2	7,72	7,612	5,813	-22,069	0,108	31,259
2	8,83	8,700	6,000	-21,245	3,647	29,187
2	8,83	8,700	6,000	-21,243	-3,659	29,187
3	1,10	9,787	5,813	-22,062	-0,122	31,271
3	1,10	9,787	5,813	-22,062	-0,138	31,271
3	2,21	10,875	5,625	-22,881	3,402	29,469
3	2,21	10,875	5,625	-22,879	3,419	29,469
3	3,31	11,962	5,438	-23,698	6,956	23,748
3	3,31	11,962	5,438	-23,703	6,939	23,748
3	4,41	13,050	5,250	-24,523	10,479	14,132
3	4,41	13,050	5,250	-24,515	10,497	14,132
3	5,52	14,137	5,063	-25,334	14,034	0,604
3	5,52	14,137	5,063	-25,345	14,015	0,604
3	6,62	15,225	4,875	-26,165	17,556	-16,825
3	6,62	15,225	4,875	-26,149	17,579	-16,825
3	7,73	16,313	4,688	-26,969	21,119	-38,186

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	-26,991	21,091	-38,186
3	8,83	17,400	4,500	-27,810	24,628	-63,403
3	8,83	17,400	4,500	-29,007	-23,206	-63,403
4	1,13	17,400	3,375	-29,007	-24,511	-36,562
4	1,13	17,400	3,375	-29,007	-24,511	-36,562
4	2,25	17,400	2,250	-29,007	-25,816	-8,253
4	2,25	17,400	2,250	-29,007	-25,816	-8,253
4	3,38	17,400	1,125	-29,007	-27,121	21,524
4	3,38	17,400	1,125	-29,007	-27,121	21,524
4	4,50	17,400	0,000	-29,007	-28,426	52,770

2.10 Reacciones

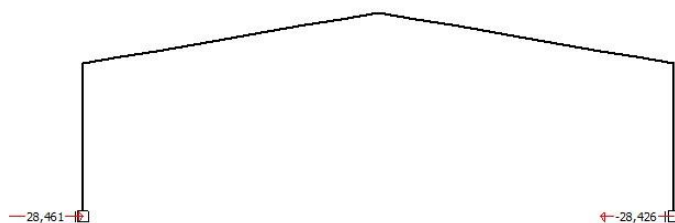


Figura 2.10.1- Reacciones horizontales

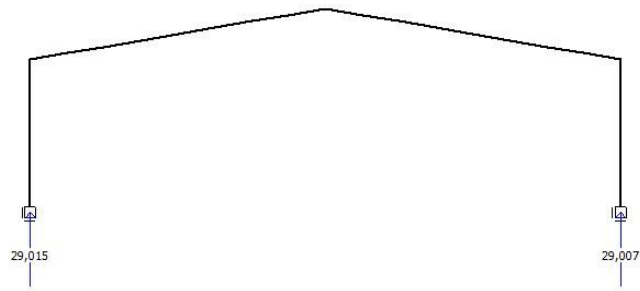


Figura 2.10.2- Reacciones verticales

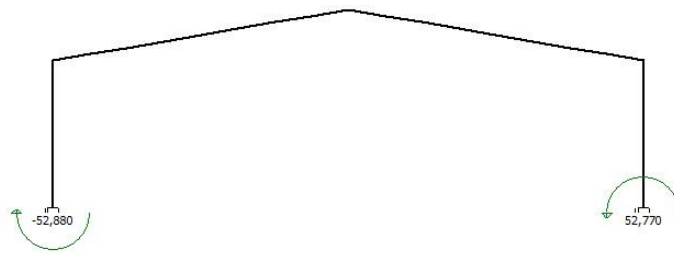


Figura 2.10.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	28,461	29,015	-52,880
2	17,40	0,000	-28,426	29,007	52,770

2.11 Desplazamientos

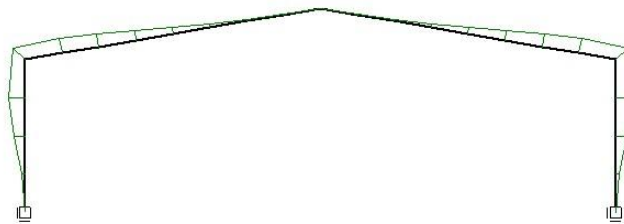


Figura 2.11.1- Desplazamientos horizontales

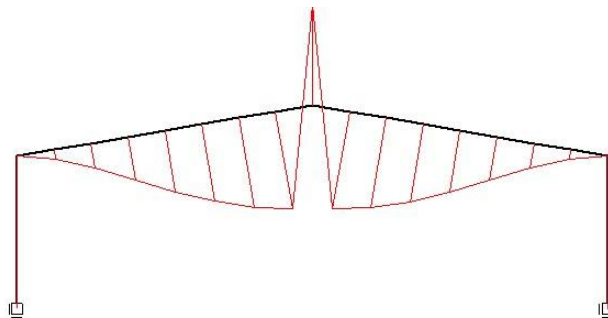


Figura 2.11.2- Desplazamientos verticales

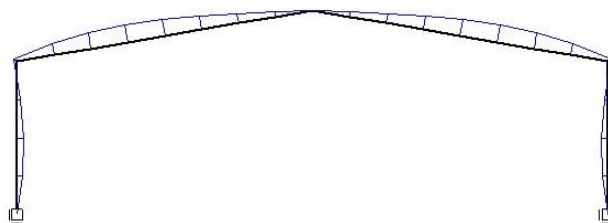


Figura 2.11.3- Giros

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

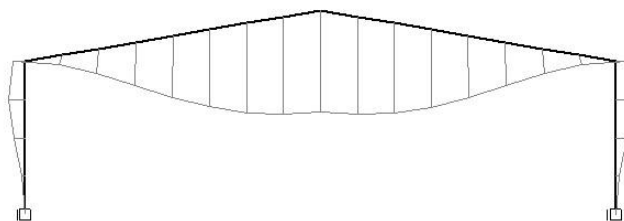


Figura 2.11.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,13	0,000	1,125	-1,136	-0,026	1,771
1	2,25	0,000	2,250	-3,437	-0,052	2,084
1	3,38	0,000	3,375	-5,304	-0,078	1,010
1	4,50	0,000	4,500	-5,215	-0,104	-1,382
2	1,10	1,087	4,688	-4,738	-3,001	-3,744
2	2,21	2,175	4,875	-3,925	-7,862	-5,019
2	3,31	3,262	5,063	-2,956	-13,594	-5,385
2	4,41	4,350	5,250	-1,994	-19,319	-5,027
2	5,52	5,438	5,438	-1,146	-24,342	-4,126
2	6,62	6,525	5,625	-0,508	-28,171	-2,867
2	7,72	7,612	5,813	-0,121	-30,518	-1,432
2	8,83	8,700	6,000	-0,007	-31,292	-0,002
3	1,10	9,787	5,813	0,106	-30,523	1,427
3	2,21	10,875	5,625	0,490	-28,178	2,864
3	3,31	11,962	5,438	1,127	-24,352	4,124
3	4,41	13,050	5,250	1,972	-19,331	5,026
3	5,52	14,137	5,063	2,933	-13,611	5,385
3	6,62	15,225	4,875	3,901	-7,872	5,021

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	4,713	-3,007	3,749
3	8,83	17,400	4,500	5,190	-0,104	1,388
4	1,13	17,400	3,375	5,287	-0,078	-1,002
4	2,25	17,400	2,250	3,428	-0,052	-2,077
4	3,38	17,400	1,125	1,133	-0,026	-1,766
4	4,50	17,400	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN III

2.12 Apoyos/Secciones

2.12.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	4,500	IPE_330_S-275	23583,91
2	8,700	1,500	IPE_330_S-275	23583,91
3	8,700	-1,500	IPE_330_S-275	23583,91
4	0,000	-4,500	IPE_330_S-275	23583,91

2.12.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	17,400	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

2.13 Cargas

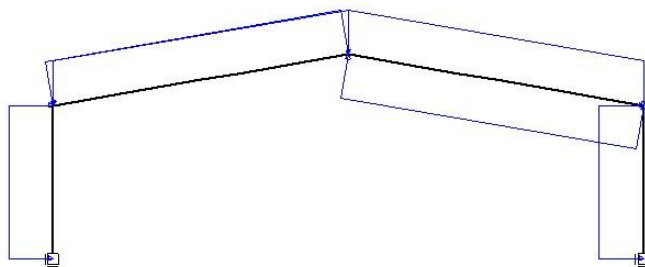


Figura 2.13.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	1,3	1,3	90	4,5	L
2	2	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G
3	2	0	q	1,85	1,85	-90	8,83	G
4	2	0	q	1,5	1,5	-90	8,83	G
5	2	0	q	0,17	0,17	90	8,83	L
6	3	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G
7	3	0	q	1,85	1,85	-90	8,83	G
8	3	0	q	1,5	1,5	-90	8,83	G
9	3	0	q	0,55	0,55	-90	8,83	L
10	4	0	q	0,69	0,69	-90	4,5	L

2.14 Esfuerzos

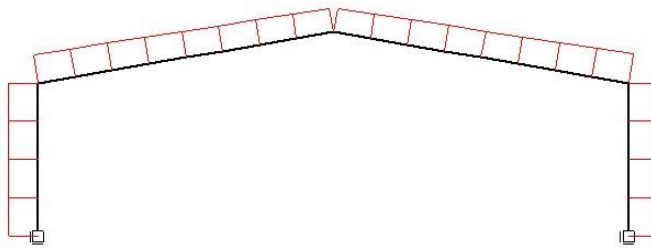


Figura 2.14.1- Esfuerzos axiales

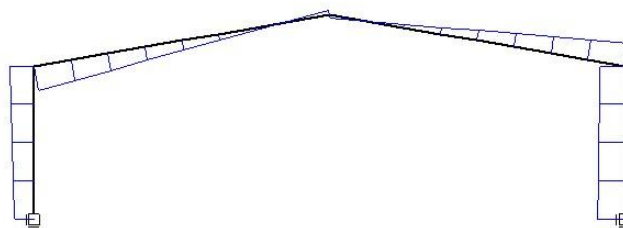


Figura 2.14.2- Esfuerzos cortante

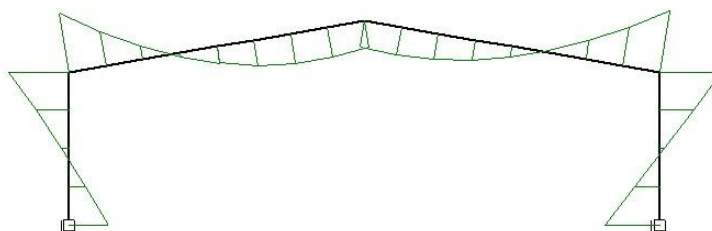


Figura 2.14.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-41,470	28,047	54,952

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

1	1,13	0,000	1,125	-41,470	29,510	22,576
1	1,13	0,000	1,125	-41,470	29,510	22,576
1	2,25	0,000	2,250	-41,470	30,972	-11,445
1	2,25	0,000	2,250	-41,470	30,972	-11,445
1	3,38	0,000	3,375	-41,470	32,435	-47,111
1	3,38	0,000	3,375	-41,470	32,435	-47,111
1	4,50	0,000	4,500	-41,470	33,897	-84,422
1	4,50	0,000	4,500	-40,469	-35,087	-84,422
2	1,10	1,087	4,688	-39,579	-29,758	-48,656
2	1,10	1,087	4,688	-39,548	-29,799	-48,656
2	2,21	2,175	4,875	-38,658	-24,466	-18,703
2	2,21	2,175	4,875	-38,684	-24,426	-18,703
2	3,31	3,262	5,063	-37,795	-19,097	5,303
2	3,31	3,262	5,063	-37,775	-19,136	5,303
2	4,41	4,350	5,250	-36,885	-13,803	23,485
2	4,41	4,350	5,250	-36,897	-13,770	23,485
2	5,52	5,438	5,438	-36,007	-8,437	35,745
2	5,52	5,438	5,438	-36,001	-8,463	35,745
2	6,62	6,525	5,625	-35,112	-3,135	42,141
2	6,62	6,525	5,625	-35,114	-3,104	42,141
2	7,72	7,612	5,813	-34,225	2,225	42,625
2	7,72	7,612	5,813	-34,228	2,190	42,625
2	8,83	8,700	6,000	-33,338	7,523	37,264
2	8,83	8,700	6,000	-33,936	-4,045	37,264
3	1,10	9,787	5,813	-34,820	0,490	39,225
3	1,10	9,787	5,813	-34,820	0,464	39,225
3	2,21	10,875	5,625	-35,706	5,003	36,207
3	2,21	10,875	5,625	-35,702	5,030	36,207

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	3,31	11,962	5,438	-36,587	9,565	28,159
3	3,31	11,962	5,438	-36,594	9,538	28,159
3	4,41	13,050	5,250	-37,479	14,077	15,122
3	4,41	13,050	5,250	-37,469	14,105	15,122
3	5,52	14,137	5,063	-38,353	18,640	-2,937
3	5,52	14,137	5,063	-38,367	18,611	-2,937
3	6,62	15,225	4,875	-39,252	23,151	-25,992
3	6,62	15,225	4,875	-39,232	23,186	-25,992
3	7,73	16,313	4,688	-40,117	27,725	-54,094
3	7,73	16,313	4,688	-40,146	27,683	-54,094
3	8,83	17,400	4,500	-41,031	32,219	-87,134
3	8,83	17,400	4,500	-38,740	-34,940	-87,134
4	1,13	17,400	3,375	-38,740	-35,716	-47,390
4	1,13	17,400	3,375	-38,740	-35,716	-47,390
4	2,25	17,400	2,250	-38,740	-36,492	-6,773
4	2,25	17,400	2,250	-38,740	-36,492	-6,773
4	3,38	17,400	1,125	-38,740	-37,268	34,717
4	3,38	17,400	1,125	-38,740	-37,268	34,717
4	4,50	17,400	0,000	-38,740	-38,045	77,081

2.15 Reacciones

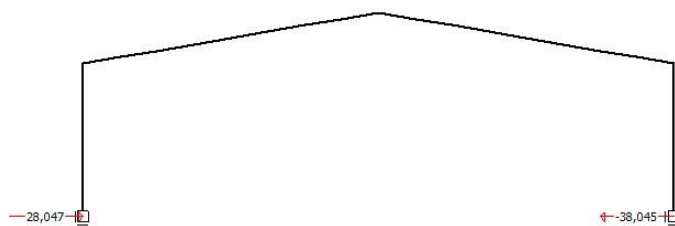


Figura 2.15.1- Reacciones horizontales

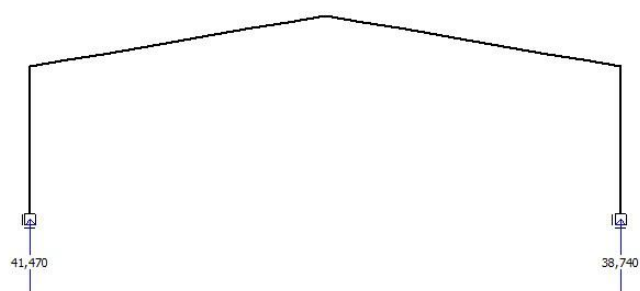


Figura 2.15.2- Reacciones verticales

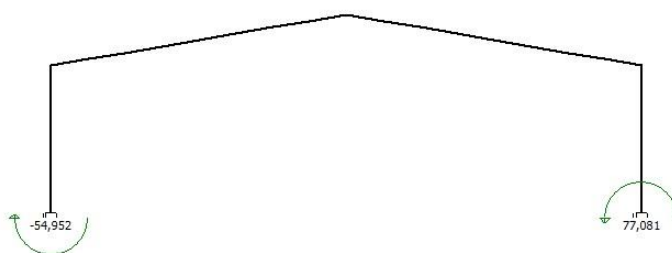


Figura 2.15.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	28,047	41,470	-54,952

2	17,40	0,000	-38,045	38,740	77,081
---	-------	-------	---------	--------	--------

2.16 Desplazamientos

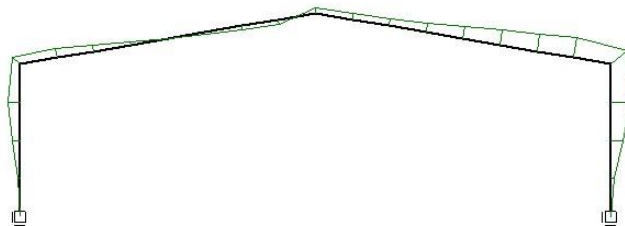


Figura 2.16.1- Desplazamientos horizontales

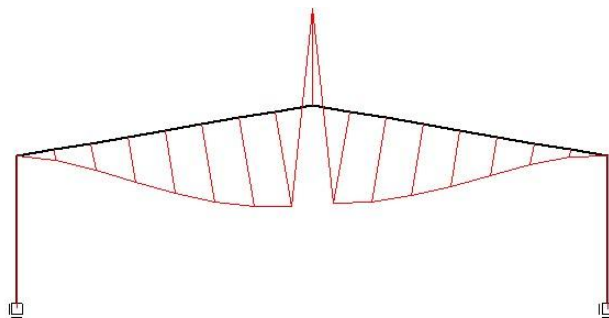


Figura 2.16.2- Desplazamientos verticales

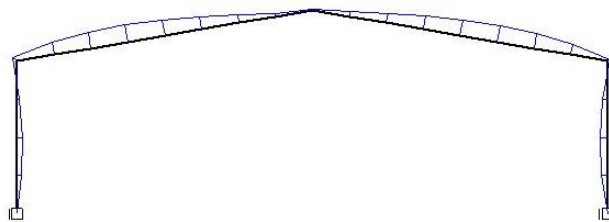


Figura 2.16.3- Giros

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

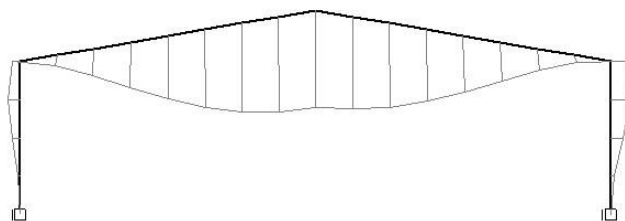


Figura 2.16.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,13	0,000	1,125	-1,189	-0,037	1,856
1	2,25	0,000	2,250	-3,581	-0,074	2,128
1	3,38	0,000	3,375	-5,353	-0,112	0,738
1	4,50	0,000	4,500	-4,588	-0,149	-2,393
2	1,10	1,087	4,688	-3,856	-4,587	-5,482
2	2,21	2,175	4,875	-2,697	-11,529	-7,036
2	3,31	3,262	5,063	-1,361	-19,443	-7,326
2	4,41	4,350	5,250	-0,075	-27,118	-6,630
2	5,52	5,438	5,438	1,017	-33,621	-5,220
2	6,62	6,525	5,625	1,796	-38,326	-3,376
2	7,72	7,612	5,813	2,213	-40,913	-1,371
2	8,83	8,700	6,000	2,260	-41,357	0,522
3	1,10	9,787	5,813	2,495	-39,810	2,330
3	2,21	10,875	5,625	3,071	-36,285	4,115
3	3,31	11,962	5,438	3,957	-30,943	5,640
3	4,41	13,050	5,250	5,091	-24,184	6,673
3	5,52	14,137	5,063	6,347	-16,683	6,977
3	6,62	15,225	4,875	7,580	-9,346	6,320

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

3	7,73	16,313	4,688	8,573	-3,354	4,465
3	8,83	17,400	4,500	9,092	-0,139	1,181
4	1,13	17,400	3,375	8,437	-0,104	-2,031
4	2,25	17,400	2,250	5,242	-0,069	-3,326
4	3,38	17,400	1,125	1,687	-0,035	-2,663
4	4,50	17,400	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN IV

2.17 Apoyos/Secciones

2.17.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	4,500	IPE_330_S-275	23583,91

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	8,700	1,500	IPE_330_S-275	23583,91
3	8,700	-1,500	IPE_330_S-275	23583,91
4	0,000	-4,500	IPE_330_S-275	23583,91

2.17.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	17,400	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

2.18 Cargas

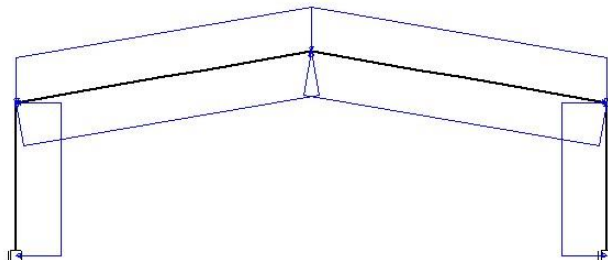


Figura 2.18.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	1,16	1,16	-90	4,5	L
2	2	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G
3	2	0	q	1,85	1,85	-90	8,83	G
4	2	0	q	1,5	1,5	-90	8,83	G
5	2	0	q	1,11	1,11	-90	8,83	L
6	3	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G

7	3	0 q	1,85	1,85	-90	8,83 G
8	3	0 q	1,5	1,5	-90	8,83 G
9	3	0 q	1,11	1,11	-90	8,83 L
10	4	0 q	1,16	1,16	-90	4,5 L

2.19 Esfuerzos

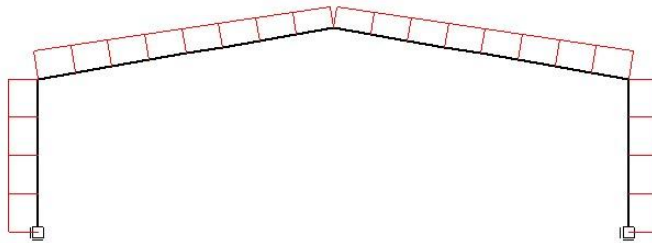


Figura 2.19.1- Esfuerzos axiales

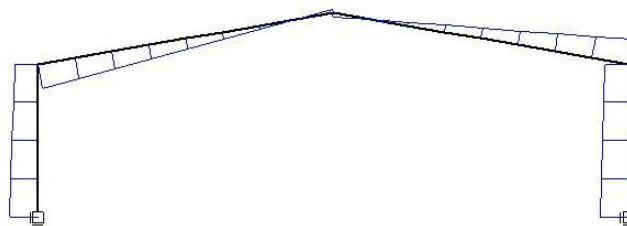


Figura 2.19.2- Esfuerzos cortante

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

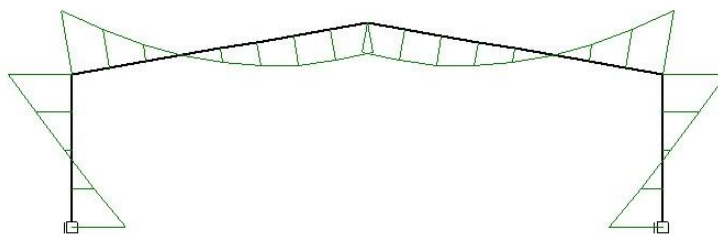


Figura 2.19.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-32,106	31,081	58,048
1	1,13	0,000	1,125	-32,106	29,776	23,816
1	1,13	0,000	1,125	-32,106	29,776	23,816
1	2,25	0,000	2,250	-32,106	28,471	-8,949
1	2,25	0,000	2,250	-32,106	28,471	-8,949
1	3,38	0,000	3,375	-32,106	27,166	-40,245
1	3,38	0,000	3,375	-32,106	27,166	-40,245
1	4,50	0,000	4,500	-32,106	25,861	-70,073
1	4,50	0,000	4,500	-30,954	-27,229	-70,073
2	1,10	1,087	4,688	-30,065	-23,312	-42,196
2	1,10	1,087	4,688	-30,041	-23,343	-42,196
2	2,21	2,175	4,875	-29,151	-19,423	-18,590
2	2,21	2,175	4,875	-29,171	-19,393	-18,590
2	3,31	3,262	5,063	-28,282	-15,476	0,642
2	3,31	3,262	5,063	-28,266	-15,505	0,642
2	4,41	4,350	5,250	-27,376	-11,585	15,595
2	4,41	4,350	5,250	-27,386	-11,561	15,595
2	5,52	5,438	5,438	-26,496	-7,640	26,195

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	5,52	5,438	5,438	-26,490	-7,660	26,195
2	6,62	6,525	5,625	-25,601	-3,743	32,484
2	6,62	6,525	5,625	-25,605	-3,721	32,484
2	7,72	7,612	5,813	-24,715	0,197	34,428
2	7,72	7,612	5,813	-24,716	0,171	34,428
2	8,83	8,700	6,000	-23,826	4,091	32,075
2	8,83	8,700	6,000	-23,824	-4,103	32,075
3	1,10	9,787	5,813	-24,708	-0,186	34,441
3	1,10	9,787	5,813	-24,708	-0,204	34,441
3	2,21	10,875	5,625	-25,593	3,717	32,501
3	2,21	10,875	5,625	-25,591	3,736	32,501
3	3,31	11,962	5,438	-26,475	7,653	26,220
3	3,31	11,962	5,438	-26,481	7,634	26,220
3	4,41	13,050	5,250	-27,366	11,555	15,626
3	4,41	13,050	5,250	-27,358	11,575	15,626
3	5,52	14,137	5,063	-28,242	15,493	0,699
3	5,52	14,137	5,063	-28,254	15,472	0,699
3	6,62	15,225	4,875	-29,139	19,393	-18,549
3	6,62	15,225	4,875	-29,122	19,419	-18,549
3	7,73	16,313	4,688	-30,007	23,340	-42,151
3	7,73	16,313	4,688	-30,032	23,308	-42,151
3	8,83	17,400	4,500	-30,916	27,226	-70,024
3	8,83	17,400	4,500	-32,097	-25,824	-70,024
4	1,13	17,400	3,375	-32,097	-27,129	-40,238
4	1,13	17,400	3,375	-32,097	-27,129	-40,238
4	2,25	17,400	2,250	-32,097	-28,434	-8,984
4	2,25	17,400	2,250	-32,097	-28,434	-8,984
4	3,38	17,400	1,125	-32,097	-29,739	23,738

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

4	3,38	17,400	1,125	-32,097	-29,739	23,738
4	4,50	17,400	0,000	-32,097	-31,044	57,928

2.20 Reacciones

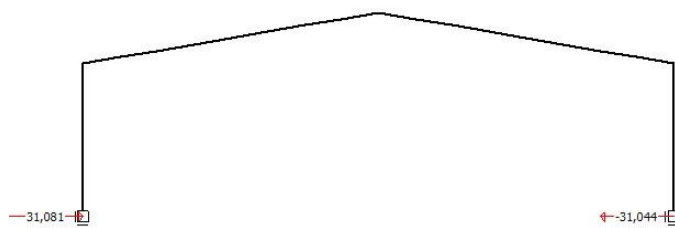


Figura 2.20.1- Reacciones horizontales

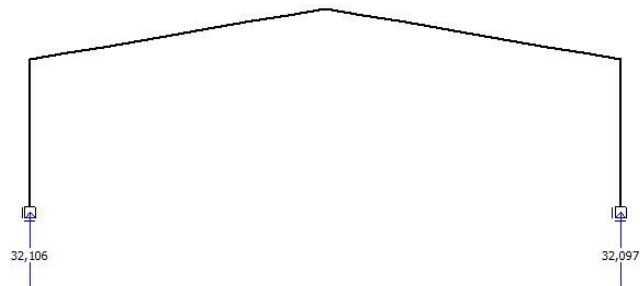


Figura 2.20.2- Reacciones verticales

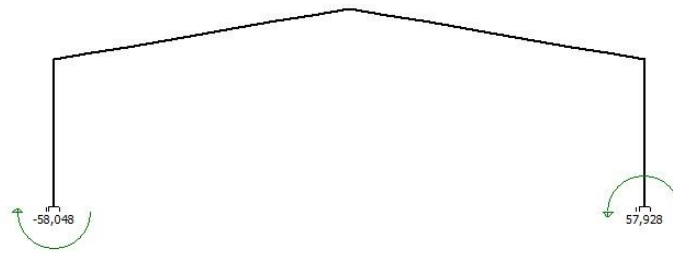


Figura 2.20.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	31,081	32,106	-58,048
2	17,40	0,000	-31,044	32,097	57,928

2.21 Desplazamientos

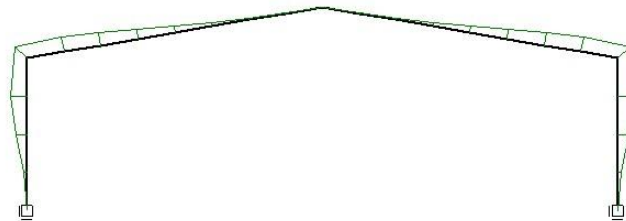


Figura 2.21.1- Desplazamientos horizontales

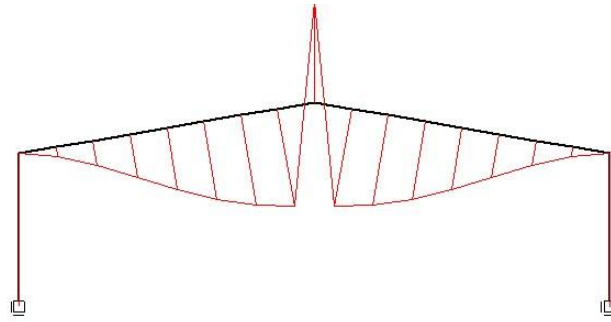


Figura 2.21.2- Desplazamientos verticales

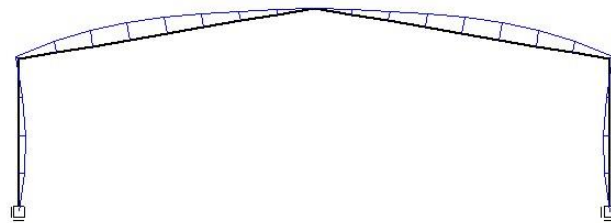


Figura 2.21.3- Giros

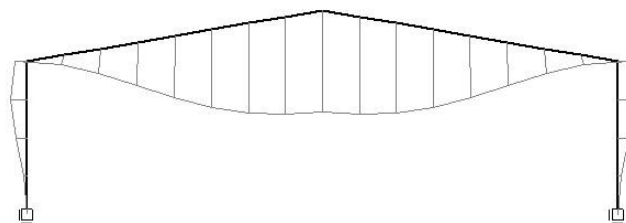


Figura 2.21.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,13	0,000	1,125	-1,248	-0,029	1,947
1	2,25	0,000	2,250	-3,781	-0,058	2,295
1	3,38	0,000	3,375	-5,840	-0,086	1,116
1	4,50	0,000	4,500	-5,746	-0,115	-1,521

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	1,10	1,087	4,688	-5,220	-3,309	-4,130
2	2,21	2,175	4,875	-4,324	-8,671	-5,535
2	3,31	3,262	5,063	-3,255	-14,992	-5,938
2	4,41	4,350	5,250	-2,195	-21,305	-5,541
2	5,52	5,438	5,438	-1,261	-26,841	-4,546
2	6,62	6,525	5,625	-0,558	-31,059	-3,157
2	7,72	7,612	5,813	-0,133	-33,643	-1,576
2	8,83	8,700	6,000	-0,007	-34,495	-0,002
3	1,10	9,787	5,813	0,116	-33,649	1,570
3	2,21	10,875	5,625	0,539	-31,067	3,154
3	3,31	11,962	5,438	1,240	-26,852	4,544
3	4,41	13,050	5,250	2,171	-21,317	5,540
3	5,52	14,137	5,063	3,231	-15,011	5,939
3	6,62	15,225	4,875	4,298	-8,681	5,538
3	7,73	16,313	4,688	5,193	-3,315	4,134
3	8,83	17,400	4,500	5,719	-0,115	1,528
4	1,13	17,400	3,375	5,821	-0,086	-1,108
4	2,25	17,400	2,250	3,771	-0,058	-2,288
4	3,38	17,400	1,125	1,245	-0,029	-1,942
4	4,50	17,400	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN V

2.22 Apoyos/Secciones

2.22.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	4,500	IPE_330_S-275	23583,91
2	8,700	1,500	IPE_330_S-275	23583,91
3	8,700	-1,500	IPE_330_S-275	23583,91
4	0,000	-4,500	IPE_330_S-275	23583,91

2.22.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	17,400	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

2.23 Cargas

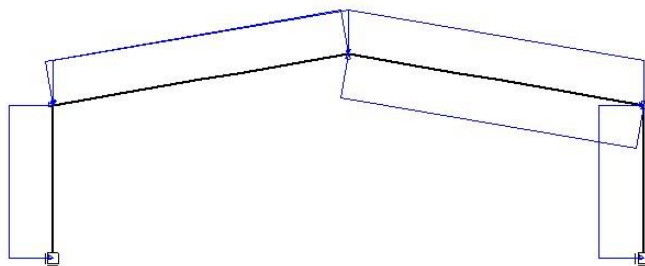


Figura 2.23.1- Distribución cargas

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	2,17	2,17	90	4,5	L
2	2	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G
3	2	0	q	1,5	1,5	-90	8,83	G
4	2	0	q	0,28	0,28	90	8,83	L
5	3	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G
6	3	0	q	1,5	1,5	-90	8,83	G
7	3	0	q	0,92	0,92	-90	8,83	L
8	4	0	q	1,15	1,15	-90	4,5	L

2.24 Esfuerzos

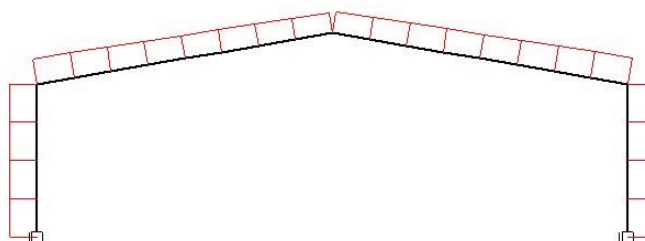
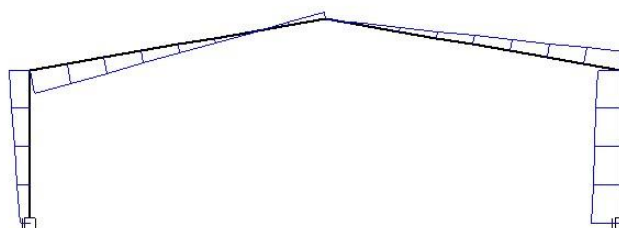


Figura 2.24.1- Esfuerzos axiales



PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

Figura 2.24.2- Esfuerzos cortante

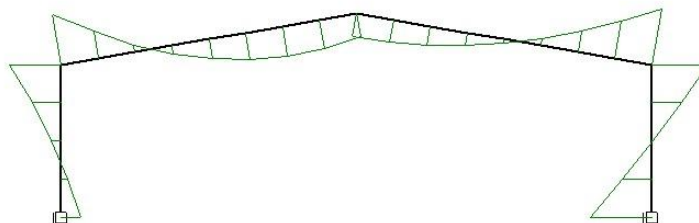


Figura 2.24.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-24,912	9,246	17,648
1	1,13	0,000	1,125	-24,912	11,687	5,873
1	1,13	0,000	1,125	-24,912	11,687	5,873
1	2,25	0,000	2,250	-24,912	14,128	-8,648
1	2,25	0,000	2,250	-24,912	14,128	-8,648
1	3,38	0,000	3,375	-24,912	16,570	-25,915
1	3,38	0,000	3,375	-24,912	16,570	-25,915
1	4,50	0,000	4,500	-24,912	19,011	-45,929
1	4,50	0,000	4,500	-22,978	-21,308	-45,929
2	1,10	1,087	4,688	-22,437	-17,868	-24,321
2	1,10	1,087	4,688	-22,418	-17,892	-24,321
2	2,21	2,175	4,875	-21,876	-14,450	-6,469
2	2,21	2,175	4,875	-21,891	-14,427	-6,469
2	3,31	3,262	5,063	-21,350	-10,987	7,549
2	3,31	3,262	5,063	-21,338	-11,010	7,549
2	4,41	4,350	5,250	-20,797	-7,568	17,803
2	4,41	4,350	5,250	-20,803	-7,549	17,803

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	5,52	5,438	5,438	-20,261	-4,107	24,238
2	5,52	5,438	5,438	-20,258	-4,122	24,238
2	6,62	6,525	5,625	-19,717	-0,683	26,887
2	6,62	6,525	5,625	-19,718	-0,665	26,887
2	7,72	7,612	5,813	-19,176	2,774	25,724
2	7,72	7,612	5,813	-19,179	2,754	25,724
2	8,83	8,700	6,000	-18,637	6,196	20,784
2	8,83	8,700	6,000	-19,636	-0,385	20,784
3	1,10	9,787	5,813	-20,175	1,731	20,042
3	1,10	9,787	5,813	-20,176	1,716	20,042
3	2,21	10,875	5,625	-20,715	3,834	16,978
3	2,21	10,875	5,625	-20,713	3,849	16,978
3	3,31	11,962	5,438	-21,251	5,965	11,566
3	3,31	11,962	5,438	-21,256	5,949	11,566
3	4,41	13,050	5,250	-21,795	8,067	3,828
3	4,41	13,050	5,250	-21,789	8,083	3,828
3	5,52	14,137	5,063	-22,327	10,199	-6,255
3	5,52	14,137	5,063	-22,335	10,183	-6,255
3	6,62	15,225	4,875	-22,874	12,301	-18,667
3	6,62	15,225	4,875	-22,863	12,321	-18,667
3	7,73	16,313	4,688	-23,402	14,439	-33,438
3	7,73	16,313	4,688	-23,417	14,414	-33,438
3	8,83	17,400	4,500	-23,956	16,531	-50,506
3	8,83	17,400	4,500	-20,371	-20,788	-50,506
4	1,13	17,400	3,375	-20,371	-22,082	-26,392
4	1,13	17,400	3,375	-20,371	-22,082	-26,392
4	2,25	17,400	2,250	-20,371	-23,376	-0,822
4	2,25	17,400	2,250	-20,371	-23,376	-0,822

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

4	3,38	17,400	1,125	-20,371	-24,669	26,203
4	3,38	17,400	1,125	-20,371	-24,669	26,203
4	4,50	17,400	0,000	-20,371	-25,963	54,684

2.25 Reacciones

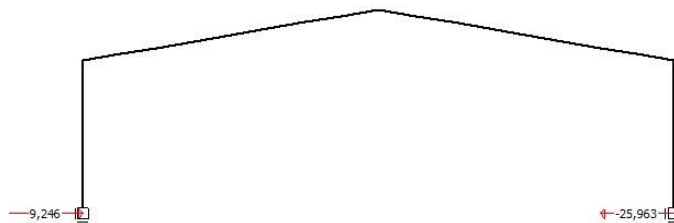


Figura 2.25.1- Reacciones horizontales

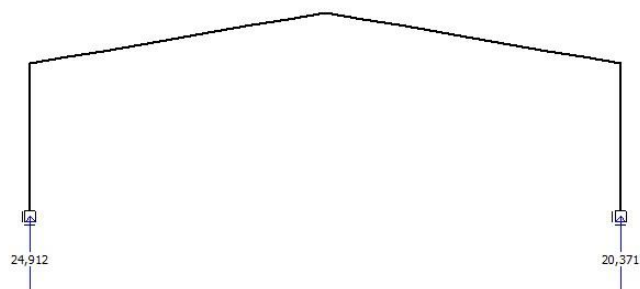


Figura 2.25.2- Reacciones verticales

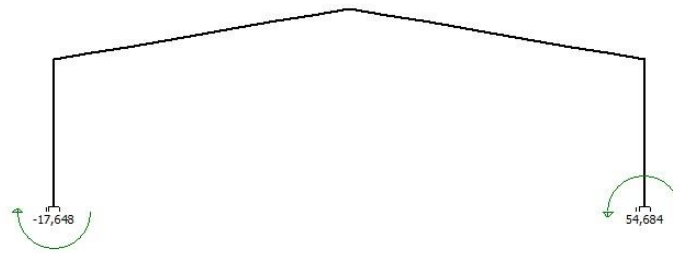


Figura 2.25.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	9,246	24,912	-17,648
2	17,40	0,000	-25,963	20,371	54,684

2.26 Desplazamientos

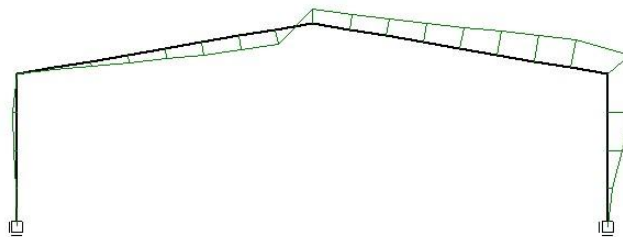


Figura 2.26.1- Desplazamientos horizontales

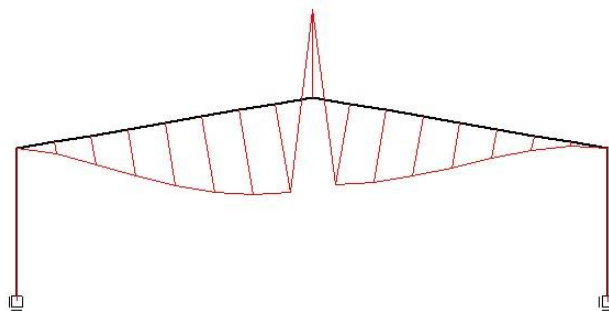


Figura 2.26.2- Desplazamientos verticales

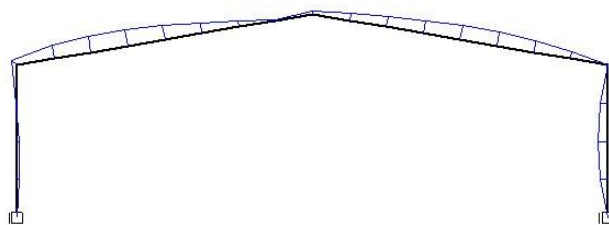


Figura 2.26.3- Giros

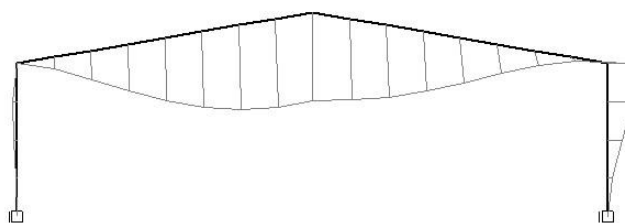


Figura 2.26.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,13	0,000	1,125	-0,374	-0,022	0,572
1	2,25	0,000	2,250	-1,052	-0,045	0,517
1	3,38	0,000	3,375	-1,253	-0,067	-0,297
1	4,50	0,000	4,500	-0,050	-0,089	-1,999

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	1,10	1,087	4,688	0,475	-3,243	-3,628
2	2,21	2,175	4,875	1,214	-7,652	-4,333
2	3,31	3,262	5,063	2,017	-12,403	-4,293
2	4,41	4,350	5,250	2,752	-16,790	-3,685
2	5,52	5,438	5,438	3,339	-20,287	-2,686
2	6,62	6,525	5,625	3,713	-22,563	-1,476
2	7,72	7,612	5,813	3,856	-23,489	-0,231
2	8,83	8,700	6,000	3,777	-23,121	0,873
3	1,10	9,787	5,813	4,013	-21,643	1,836
3	2,21	10,875	5,625	4,424	-19,152	2,712
3	3,31	11,962	5,438	4,980	-15,810	3,389
3	4,41	13,050	5,250	5,638	-11,886	3,758
3	5,52	14,137	5,063	6,324	-7,781	3,710
3	6,62	15,225	4,875	6,957	-4,000	3,136
3	7,73	16,313	4,688	7,421	-1,180	1,926
3	8,83	17,400	4,500	7,590	-0,073	-0,028
4	1,13	17,400	3,375	6,416	-0,055	-1,868
4	2,25	17,400	2,250	3,831	-0,037	-2,523
4	3,38	17,400	1,125	1,209	-0,018	-1,923
4	4,50	17,400	0,000	0,000	0,000	0,000

2.27 Apoyos/Secciones

2.27.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	4,500	IPE_330_S-275	23583,91
2	8,700	1,500	IPE_330_S-275	23583,91
3	8,700	-1,500	IPE_330_S-275	23583,91
4	0,000	-4,500	IPE_330_S-275	23583,91

2.27.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	17,400	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

2.28 Cargas

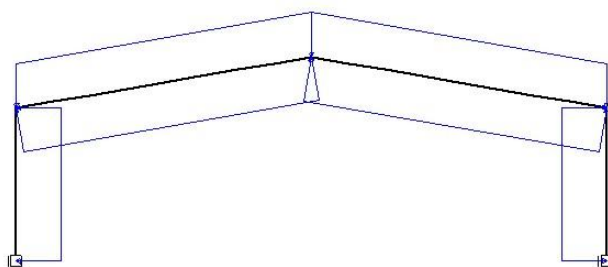


Figura 2.28.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	1,94	1,94	-90	4,5	L
2	2	0	q	1,38	1,38	-90	8,83	G

3	2	0 q	1,85	1,85	-90	8,83 L
4	3	0 q	1,38	1,38	-90	8,83 G
5	3	0 q	1,85	1,85	-90	8,83 L
6	4	0 q	1,94	1,94	-90	4,5 L

2.29 Esfuerzos

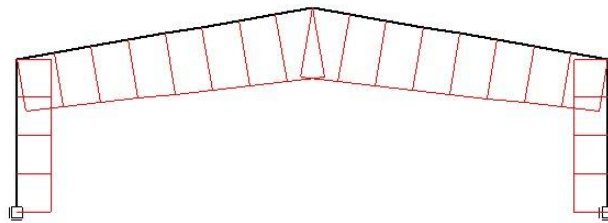


Figura 2.29.1- Esfuerzos axiales

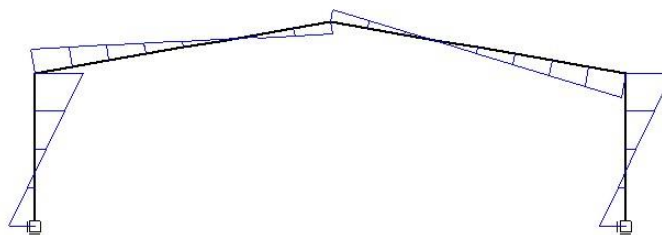


Figura 2.29.2- Esfuerzos cortante

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

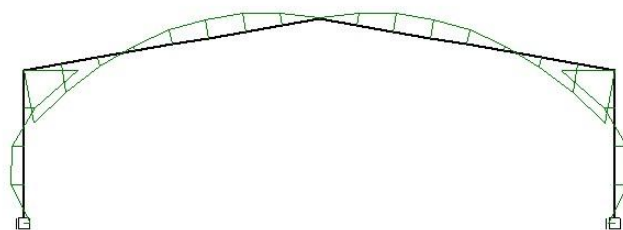


Figura 2.29.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	3,911	3,130	0,752
1	1,13	0,000	1,125	3,911	0,947	-1,542
1	1,13	0,000	1,125	3,911	0,947	-1,542
1	2,25	0,000	2,250	3,911	-1,235	-1,380
1	2,25	0,000	2,250	3,911	-1,235	-1,380
1	3,38	0,000	3,375	3,911	-3,418	1,237
1	3,38	0,000	3,375	3,911	-3,418	1,237
1	4,50	0,000	4,500	3,911	-5,600	6,310
1	4,50	0,000	4,500	6,185	2,899	6,310
2	1,10	1,087	4,688	6,444	2,358	3,410
2	1,10	1,087	4,688	6,442	2,365	3,410
2	2,21	2,175	4,875	6,701	1,824	1,098
2	2,21	2,175	4,875	6,703	1,817	1,098
2	3,31	3,262	5,063	6,963	1,276	-0,608
2	3,31	3,262	5,063	6,961	1,283	-0,608
2	4,41	4,350	5,250	7,221	0,742	-1,726
2	4,41	4,350	5,250	7,222	0,736	-1,726
2	5,52	5,438	5,438	7,481	0,195	-2,240

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	5,52	5,438	5,438	7,481	0,200	-2,240
2	6,62	6,525	5,625	7,740	-0,341	-2,162
2	6,62	6,525	5,625	7,740	-0,348	-2,162
2	7,72	7,612	5,813	8,000	-0,888	-1,481
2	7,72	7,612	5,813	8,000	-0,880	-1,481
2	8,83	8,700	6,000	8,260	-1,421	-0,211
2	8,83	8,700	6,000	8,260	1,420	-0,211
3	1,10	9,787	5,813	8,002	0,879	-1,479
3	1,10	9,787	5,813	8,002	0,885	-1,479
3	2,21	10,875	5,625	7,743	0,344	-2,157
3	2,21	10,875	5,625	7,744	0,338	-2,157
3	3,31	11,962	5,438	7,485	-0,202	-2,233
3	3,31	11,962	5,438	7,486	-0,196	-2,233
3	4,41	13,050	5,250	7,227	-0,737	-1,717
3	4,41	13,050	5,250	7,227	-0,743	-1,717
3	5,52	14,137	5,063	6,969	-1,283	-0,600
3	5,52	14,137	5,063	6,970	-1,278	-0,600
3	6,62	15,225	4,875	6,711	-1,819	1,110
3	6,62	15,225	4,875	6,710	-1,825	1,110
3	7,73	16,313	4,688	6,451	-2,366	3,423
3	7,73	16,313	4,688	6,454	-2,359	3,423
3	8,83	17,400	4,500	6,196	-2,900	6,324
3	8,83	17,400	4,500	3,913	5,611	6,324
4	1,13	17,400	3,375	3,913	3,428	1,239
4	1,13	17,400	3,375	3,913	3,428	1,239
4	2,25	17,400	2,250	3,913	1,246	-1,390
4	2,25	17,400	2,250	3,913	1,246	-1,390
4	3,38	17,400	1,125	3,913	-0,937	-1,564

4	3,38	17,400	1,125	3,913	-0,937	-1,564
4	4,50	17,400	0,000	3,913	-3,119	0,717

2.30 Reacciones

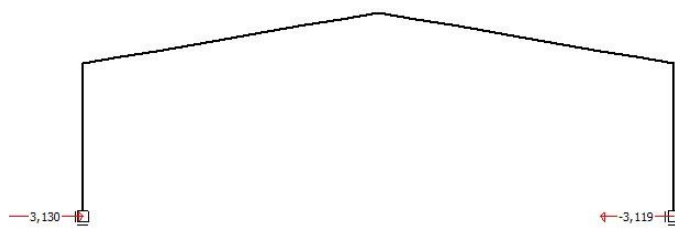


Figura 2.30.1- Reacciones horizontales

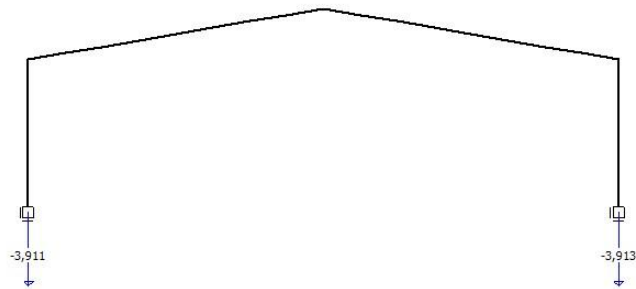


Figura 2.30.2- Reacciones verticales

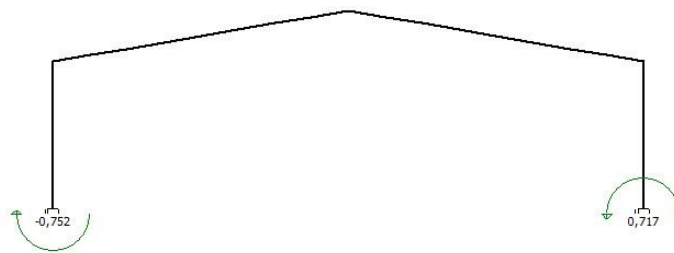


Figura 2.30.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	3,130	-3,911	-0,752
2	17,40	0,000	-3,119	-3,913	0,717

2.31 Desplazamientos

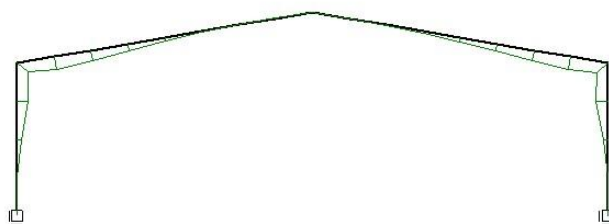


Figura 2.31.1- Desplazamientos horizontales

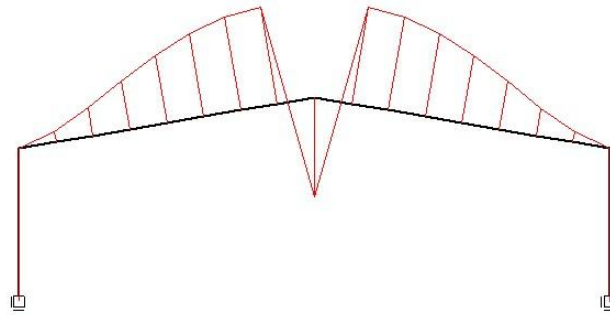


Figura 2.31.2- Desplazamientos verticales

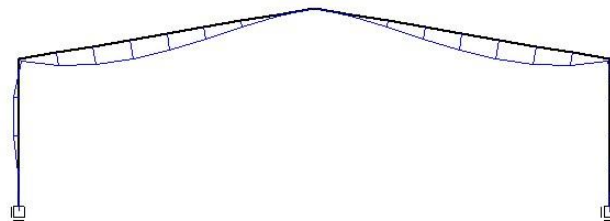


Figura 2.31.3- Giros

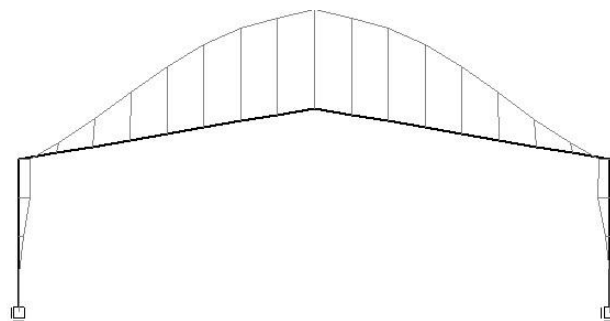


Figura 2.31.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,13	0,000	1,125	0,006	0,004	-0,029
1	2,25	0,000	2,250	0,083	0,007	-0,108
1	3,38	0,000	3,375	0,224	0,011	-0,121
1	4,50	0,000	4,500	0,287	0,014	0,049

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)
Anejo 7. Obra civil: Almacén de maquinaria y naves de fermentación

2	1,10	1,087	4,688	0,261	0,203	0,274
2	2,21	2,175	4,875	0,204	0,568	0,377
2	3,31	3,262	5,063	0,137	0,991	0,386
2	4,41	4,350	5,250	0,076	1,386	0,329
2	5,52	5,438	5,438	0,029	1,696	0,234
2	6,62	6,525	5,625	0,002	1,894	0,129
2	7,72	7,612	5,813	-0,006	1,985	0,041
2	8,83	8,700	6,000	-0,002	2,003	-0,001
3	1,10	9,787	5,813	0,002	1,984	-0,042
3	2,21	10,875	5,625	-0,007	1,892	-0,130
3	3,31	11,962	5,438	-0,035	1,693	-0,235
3	4,41	13,050	5,250	-0,082	1,383	-0,330
3	5,52	14,137	5,063	-0,144	0,988	-0,386
3	6,62	15,225	4,875	-0,211	0,565	-0,376
3	7,73	16,313	4,688	-0,268	0,201	-0,273
3	8,83	17,400	4,500	-0,295	0,014	-0,047
4	1,13	17,400	3,375	-0,230	0,011	0,124
4	2,25	17,400	2,250	-0,086	0,007	0,110
4	3,38	17,400	1,125	-0,007	0,004	0,030
4	4,50	17,400	0,000	0,000	0,000	0,000

INDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	1
2. BASES DE CÁLCULO	2
3. CÁLCULO DE LAS ACCIONES	4
3.1. Cálculo de las acciones permanentes	4
3.2. Cálculo de las acciones variables	4
4. COMPROBACIONES SOBRE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO.....	15
4.1. Combinación de acciones	15
4.2. Mayoración de acciones y comprobación de resistencia de las secciones	15
5. COMPROBACIONES SOBRE LAS CORREAS DE CUBIERTA	18
5.1. Comprobación a flexión de las correas (ELU)	19
5.2. Comprobación a deformación de las correas (ELS)	22
6. COMPROBACIONES SOBRE PILARES Y DINTELES	24
6.1. Comprobación a flexión de pilares y dinteles (ELU)	26
6.1.1. Comprobaciones ELU en pilares.....	30
6.1.2. Comprobaciones ELU en dinteles	44
6.2. Comprobación a deformación de las correas (ELS)	55
6.2.1. Comprobaciones ELS en pilares	56
6.2.2. Comprobaciones ELS en dinteles.....	56
7. RESUMEN DE LOS PERFILES ELEGIDOS.....	57
8. MEDICIÓN DEL ACERO TOTAL DEL EDIFICIO	58
9. CIMENTACIÓN	59
9.1. Comprobaciones geotécnicas de la cimentación	59
9.1.1. Hundimiento	59
9.1.2. Vuelco	61
9.1.3. Deslizamiento	61
9.1.4. Armadura.....	62
9.1.5. Anclaje.....	66
10. MEDICIÓN DEL ACERO Y DEL HORMIGÓN DE LA CIMENTACIÓN	67
11. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PRONTUARIO.....	68

1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

En este apartado se describirá el desarrollo de los cálculos realizados para la construcción del edificio de usos múltiples de la planta de compostaje. Sus características y dimensiones geométricas son las siguientes:

- Pórtico a 2 aguas.
- Luz: 15 metros.
- Largo: 15 metros.
- Altura a cabeza de pilar: 3 metros.
- Altura a cumbrera: 5 metros.

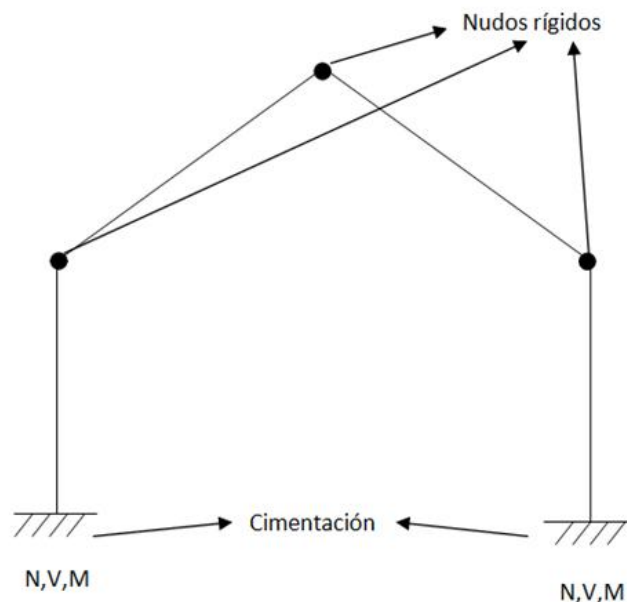
Los cerramientos de las fachadas se harán con ladrillo. En cuanto a la cubierta, la cubrición se hará mediante panel sándwich de 50 mm de espesor total conformado con doble chapa de acero de 0,5 mm, perfil nervado tipo de Aceralia o similar, lacado a ambas caras y con relleno intermedio de espuma de poliuretano. El perfil está anclado a la estructura mediante ganchos o tornillos autorroscantes.

2. BASES DE CÁLCULO

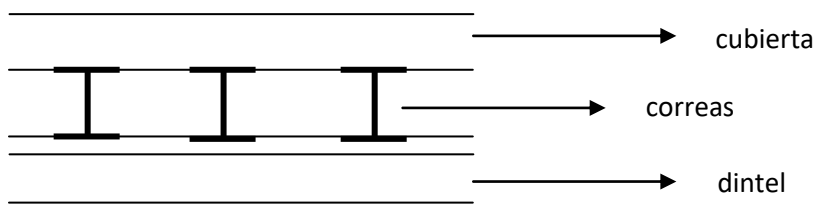
La estructura metálica de los edificios está formada por 4 pórticos biempotrados con zapatas aisladas debidamente arriostradas. Los perfiles elegidos son:

- Pilares: IPE-330
- Dinteles: IPE-330

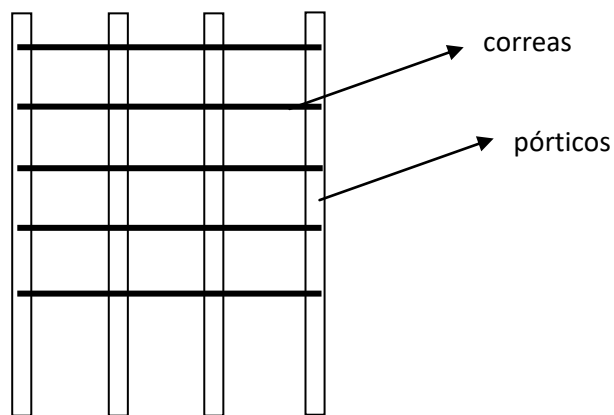
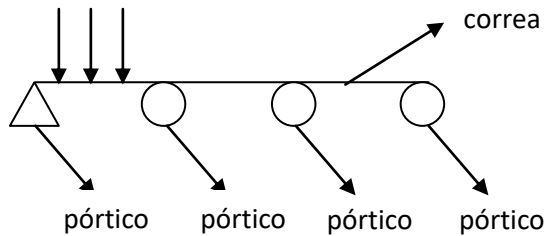
Como la longitud del edificio es de 15 metros, la distancia entre pórticos será de 5 metros. El tipo de pórtico diseñado será un pórtico a dos aguas. Las uniones entre las barras, o nudos, serán rígidas, por lo que todos los esfuerzos se transmitirán de una barra a otra. Los apoyos con el terreno serán biempotrados, por lo que finalmente la estructura transmitirá esos esfuerzos a la cimentación. Teniendo en cuenta las dimensiones del edificio anteriormente citadas, la cubierta resulta con una pendiente de $14,93^\circ$.



En la cubierta se dispondrán una serie de correas que recorren la nave longitudinalmente. Recogen el peso de la cubierta y ayudan a disminuir el pandeo.



Las correas se modelizan como vigas apoyadas sobre los pórticos de cubierta.
Serán de 3 vanos.



Se dispondrán 7 correas en cada faldón, 14 en total en toda la cubierta. Dejando una separación de 0,28 metros entre la primera correa y la cabeza de pilar y entre la última correa y la cumbre, la distancia entre las correas será de 1,2 metros.

La normativa considerada para el diseño de la estructura es:

- EHE-08 para el hormigón.
- CTE DB SE-A para perfiles de acero laminado.
- CTE DB SE-AE sobre acciones en la edificación.

El acero utilizado es acero S275 JR. Su límite elástico es de 275 N/mm².

El software utilizado para el cálculo de las leyes de esfuerzos es: "Prontuario informático de estructuras metálicas y mixtas".

3. CÁLCULO DE LAS ACCIONES

3.1. Cálculo de las acciones permanentes

Las cargas permanentes (CP) consideradas en el edificio de usos múltiples serán las mismas que las determinadas en el caso de las naves de fermentación y el almacén y taller de maquinaria.

A la hora de estudiar los pilares y dinteles consideraremos el peso de todo el edificio. Se estima mediante el peso de todo el acero por metro cuadrado de superficie. El valor de CP en este caso será de 30 kg/m².

Para el cálculo de las correas se tendrá en cuenta el peso propio de las correas y el peso de la cubierta, que en este caso está formada por un panel sándwich.

- Peso propio de las correas: 10 kg/m².
- Peso del panel sándwich: 10 kg/m².

3.2. Cálculo de las acciones variables

- **Sobrecarga de uso (SU)**

El tipo de cubierta que hay en este edificio es la misma que la de los edificios descritos anteriormente.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ^{(4) (5)}	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

La categoría de uso es "Cubiertas accesibles únicamente para conservación", y dentro de ella, la subcategoría "Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado)". Por lo tanto, el valor de SU es de $0,4\text{kN/m}^2$.

- **Nieve (N)**

Se determina según la siguiente fórmula: $q_n = \mu * s_k$

donde,

μ : coeficiente de forma. Depende de la inclinación del faldón de la cubierta, ya que si es muy grande puede hacer que la nieve deslice. La pendiente de la nave es de $14,93^\circ$. Al ser menor que 30° , el valor de μ es 1.

s_k : carga básica de nieve. Depende de la situación geográfica de la nave.



PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

El valor de carga básica de nieve que corresponde con la zona de Autol es de 0,65.

Por lo tanto:

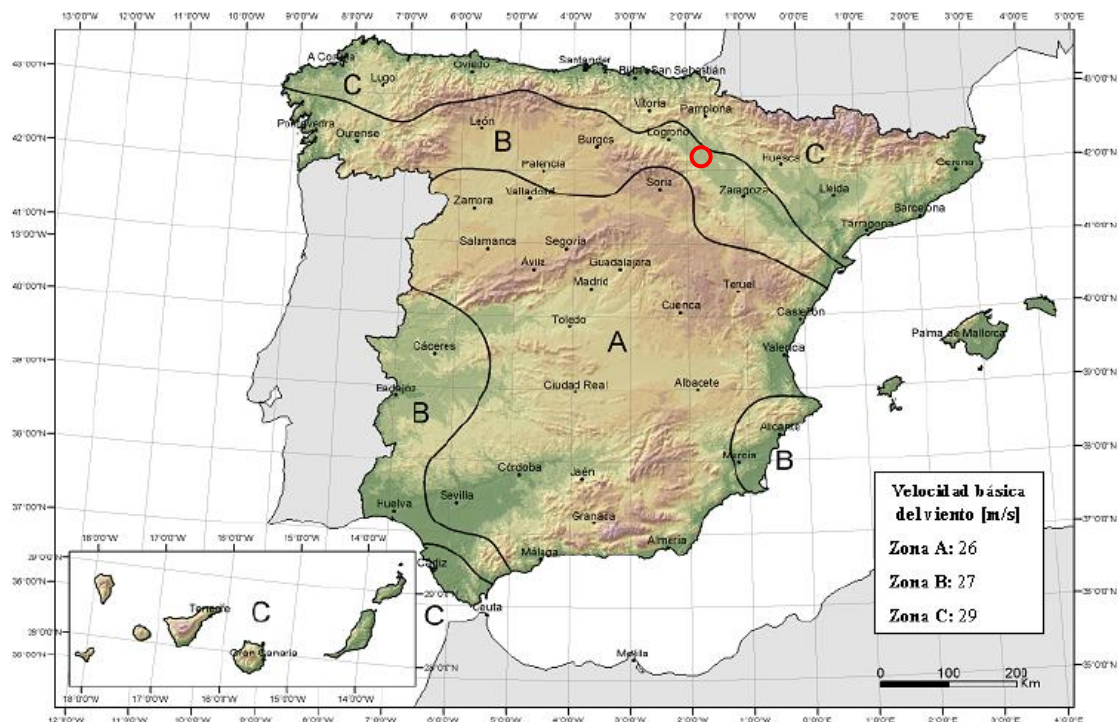
$$q_n = \mu * s_k = 1 * 0,65 = 0,65 \text{ kN/m}^2.$$

- Viento (V)**

Se determina mediante la siguiente expresión: $v = q_b * c_e * c_p$

donde,

q_b : carga básica de viento. Depende de la situación geográfica del edificio.



PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

Autol se encuentra en la zona B, a la cual le corresponde una carga básica de viento de $0,45 \text{ kN/m}^2$.

- c_e : coeficiente de exposición. Depende del grado de exposición del edificio. Se determina mediante el grado de aspereza del entorno y la altura a cumbre.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

La altura a cumbre es de 5 metros. Para determinar el grado de aspereza se calcula el valor que le corresponde a una altura de 5 metros. En este caso, el coeficiente de exposición es $1,37 \text{ kN/m}^2$.

- c_p : coeficiente de presión. Puede tomar diferentes valores según la dirección del viento y la zona del edificio que estemos considerando.

El CTE permite estudiar el efecto del viento en diferentes caras de la nave para hallar los coeficientes de presión.

CÁLCULO COEFICIENTES DE PRESIÓN EN LAS FACHADAS DE LA NAVE

El viento presenta 2 direcciones, que incidirán perpendicularmente sobre diferentes fachadas de la nave. Se deberá estudiar su efecto sobre las fachadas en las dos posibles situaciones ya que aparecerán coeficientes de presión diferentes.

- Situación A

La fachada D es la fachada de barlovento (sobre la que incide el viento) que, en la situación A, corresponde con una fachada que mide 15 metros.

Determinación de los coeficientes de presión en la situación A

A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

$$A > 10\text{m}^2 ;$$

$$h/d = 5/15 = 0,34.$$

Tomando los valores medios de la relación h/b, los coeficientes de presión para las distintas caras de la nave serán:

A	B	C	D	E
-1,2	-0,8	-0,5	0,75	-0,4

*El signo significa la dirección que sigue el viento. Negativo: viento hacia fuera de la nave (succión). Positivo: viento hacia dentro de la nave (compresión)

- Determinación de los valores de viento en las fachadas de la nave en la situación A:

$$V_A = 0,45 * 1,37 * 0,75 = 0,46 \text{ kN/m}^2 \text{ (fachada de barlovento).}$$

$$V_A = 0,45 * 1,37 * 0,4 = 0,25 \text{ kN/m}^2 \text{ (-) (fachada de sotavento).}$$

- Situación B

La fachada D es la fachada de barlovento (sobre la que incide el viento) que, en este caso, van a ser también 15 metros.

Determinación de los coeficientes de presión en la situación B

A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

$$A > 10\text{m}^2 ;$$

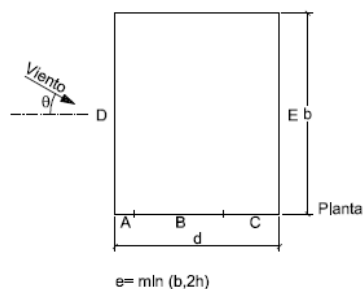
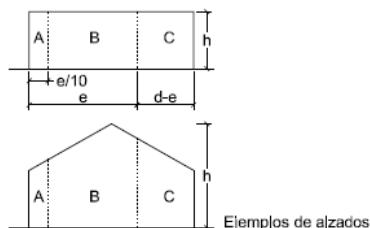
$$h/d = 5/15 = 0,34.$$

Como los lados del edificio miden lo mismo, resultan los mismos valores que en el caso del viento A.

A	B	C	D	E
-1,2	-0,8	-0,5	0,75	-0,4

Determinación de los valores de viento.

El viento en las fachadas de barlovento y sotavento es el resultado del viento en 3 zonas, A, B y C. Conociendo la longitud que le corresponde a cada zona, se realiza un cálculo promedio para obtener el coeficiente de presión resultante que le corresponde a las fachadas y, a partir de él, se determina el valor del viento.



Cálculo de las diferentes zonas de las fachadas:

$$e = \min(b, 2h) = 2h = 10 \text{ metros}$$

$$A = e/10 = 10/10 = 1 \text{ metros}$$

$$B = e - A = 10 - 1 = 9 \text{ metros}$$

$$C = d - e = 15 - 10 = 5 \text{ metros}$$

$$D = E = 15 \text{ metros}$$

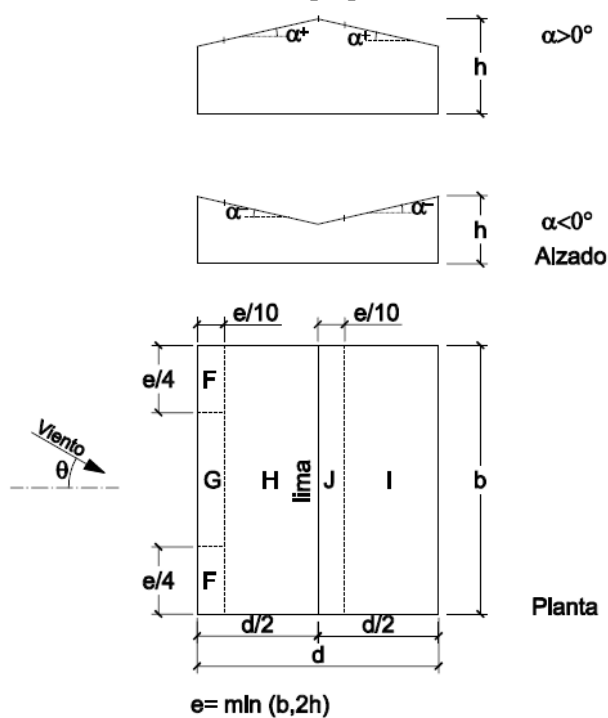
$$CP_{A,B,C} = \frac{(1,2*1)+(0,8*9)+(0,5*5)}{1+9+5} = 0,73 \text{ (-)}$$

$$V_{A,B,C} = 0,45 * 1,37 * 0,72 = 0,45 \text{ kN/m}^2 \text{ (-)}.$$

CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE PRESIÓN EN LAS CUBIERTAS

- Situación A

El viento incide perpendicularmente sobre un lado de la nave.



PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
45°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
60°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Sabiendo que $A > 10 \text{ m}^2$ y la pendiente es $14,93^\circ$, obtenemos los datos del coeficiente de presión en cubiertas, tomando los valores que corresponden a una pendiente de 15° .

	F	G	H	I	J
A1	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
A2	0,2	0,2	0,2	0	0

*F, G y H corresponden a un faldón. I y J corresponden al otro faldón

De las dos situaciones posibles que nos da la norma, nos quedamos con la más desfavorable, que es A2, ya que el viento A tiende a tumbar el edificio y en esa opción aparecen vientos que contribuyen a esa acción.

Coeficiente de presión en el faldón izquierdo: 0,2

Viento en el faldón izquierdo: $0,45 * 1,37 * 0,2 = 0,12 \text{ kN/m}^2$.

Coeficiente de presión en el faldón izquierdo: 0

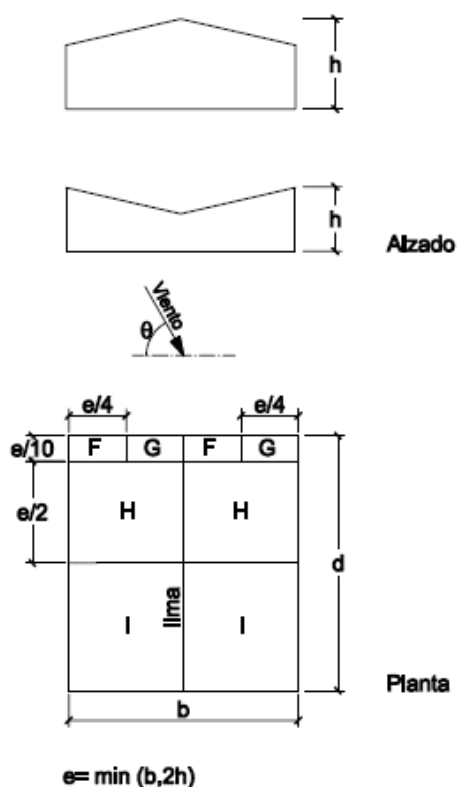
Viento en el faldón izquierdo: $0,45 * 1,37 * 0 = 0 \text{ kN/m}^2$ (-).

- Situación B.

El viento incide perpendicularmente sobre el otro lado de la nave.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	≥ 10	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	≥ 10	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	≥ 10	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	≥ 10	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Sabiendo que $A > 10 \text{ m}^2$ y la pendiente es $14,93^\circ$, obtenemos los datos del coeficiente de presión en cubiertas tomando los valores de pendiente de 15° .

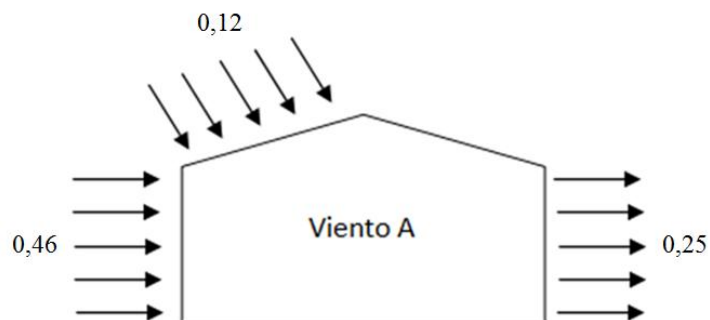
F	G	H	I
-1,3	-1,3	-0,6	-0,5

Nos quedamos con las zonas H e I porque son las que más extensión suponen en la cubierta. Entre esas dos, la que es más desfavorable es H.

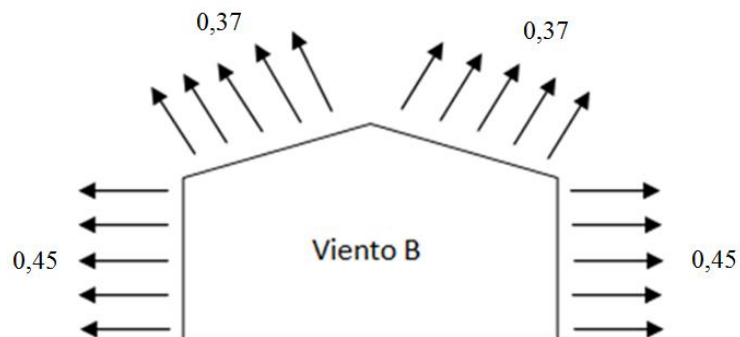
Coefficiente de presión en la cubierta: -0,6

Viento en el faldón izquierdo: $0,45 * 1,37 * 0,6 = 0,37 \text{ kN/m}^2 (-)$.

A modo de resumen, el viento en las caras exteriores de la nave se muestra gráficamente:



El viento A tiende a "tumbar" el edificio.



El viento B tiende a "abrir" el edificio.

4. COMPROBACIONES SOBRE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO

4.1. Combinación de acciones

Para determinar el efecto que provocan las cargas cuando actúan simultáneamente, el CTE da unos coeficientes de simultaneidad que se aplican a cada una de las cargas variables.

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Los coeficientes de simultaneidad correspondientes según el caso concreto son:

$$\Psi_{SU} = 0$$

$$\Psi_{nieve} = 0,5$$

$$\Psi_{viento} = 0,6$$

4.2. Mayoración de acciones y comprobación de resistencia de las secciones

Comprobaciones de estado límite último (ELU) y de estado límite de servicio (ELS)

En el caso de las comprobaciones ELS, se trata de una serie de condiciones que deben cumplir las barras para evitar su rotura. Las cargas se deben mayorar previamente para obtener mayor seguridad en la estabilidad del edificio. La EAE establece unos coeficientes de seguridad dependiendo del tipo de acción que se esté considerando:

Tipo de acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente (G)	$\gamma_G = 1$	$\gamma_G = 1,35$
Variable (Q)	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,5$

Las comprobaciones ELS aseguran que el servicio que ofrece la estructura no se vea perjudicado. Para realizar estas comprobaciones, la EAE y el CTE establecen unos coeficientes de seguridad dependiendo del tipo de acción que se esté considerando:

Tipo de acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente (G)	$\gamma_G = 1$	$\gamma_G = 1$
Variable (Q)	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1$

La fórmula que se sigue para combinar las acciones es la siguiente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Según esto, las combinaciones resultantes para las comprobaciones de ELU serán:

Combinación I: Considerando la nieve como carga variable principal y tomando el V_A .

$$1,35 * CP + 1,5 * N + (0 * 1,5 * SU + 0,6 * 1,5 * V_A)$$

Combinación II: Considerando la nieve como carga variable principal y tomando el V_B .

$$1,35 * CP + 1,5 * N + (0 * 1,5 * SU + 0,6 * 1,5 * V_B)$$

Combinación III: Considerando la sobrecarga de uso como carga variable principal y tomando el V_A .

$$1,35 * CP + 1,5 * SU + (0,5 * 1,5 * N + 0,6 * 1,5 * V_A)$$

Combinación IV: Considerando la sobrecarga de uso como carga variable principal y tomando el V_B .

$$1,35 * CP + 1,5 * SU + (0,5 * 1,5 * N + 0,6 * 1,5 * V_B)$$

Combinación V: Considerando el viento A como la carga variable principal

$$1,35 * CP + 1,5 * V_A + (0 * 1,5 * SU + 0,5 * 1,5 * N)$$

Combinación VI: Considerando el viento B como la carga variable principal

$$1 * CP + 1,5 * V_B + (0 * 0 * SU + 0,5 * 0 * N)$$

Las combinaciones para las comprobaciones de ELS serán:

Combinación I: Considerando la nieve como carga variable principal y tomando el V_A .

$$1 * CP + 1 * N + (0 * 1,5 * SU + 0,6 * 1 * V_A)$$

Combinación II: Considerando la nieve como carga variable principal y tomando el V_B .

$$1 * CP + 1 * N + (0 * 1,5 * SU + 0,6 * 1 * V_B)$$

Combinación III: Considerando la sobrecarga de uso como carga variable principal y tomando el V_A .

$$1 * CP + 1 * SU + (0,5 * 1 * N + 0,6 * 1 * V_A)$$

Combinación IV: Considerando la sobrecarga de uso como carga variable principal y tomando el V_B .

$$1 * CP + 1 * SU + (0,5 * 1 * N + 0,6 * 1 * V_B)$$

Combinación V: Considerando el viento A como la carga variable principal

$$1 * CP + 1 * V_A + (0 * 1,5 * SU + 0,5 * 1 * N)$$

Combinación VI: Considerando el viento B como la carga variable principal

$$1 * CP + 1 * V_B + (0 * 0 * SU + 0,5 * 0 * N)$$

5. COMPROBACIONES SOBRE LAS CORREAS DE CUBIERTA

Datos iniciales:

Peso propio de las correas: 10 kg/m^2 .

Peso del panel sándwich: 10 kg/m^2 .

Acciones de cálculo que afectan a las correas de cubierta:

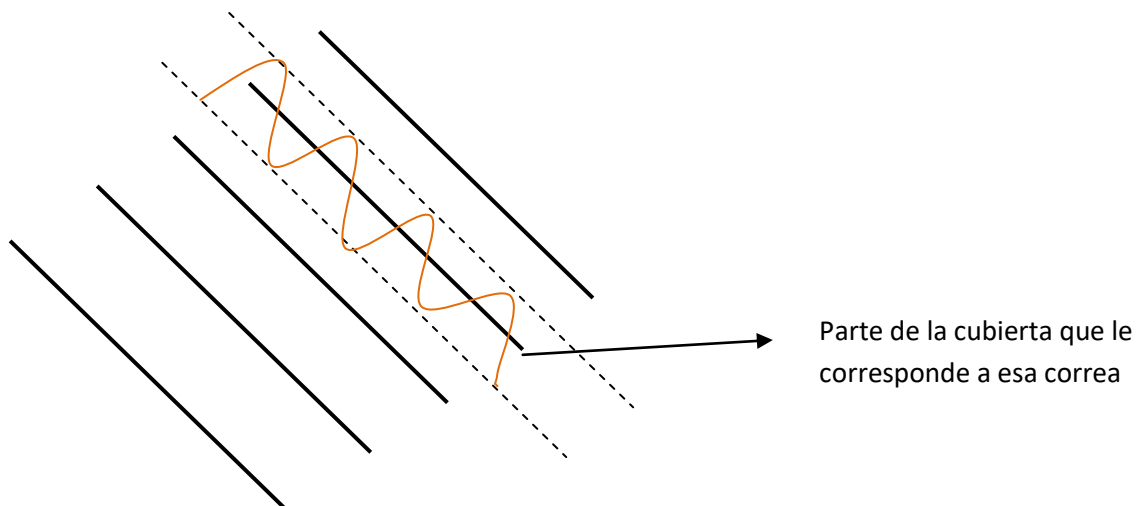
$$CP = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$N = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

$$SU = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$V_A = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$V_B = 0,37 \text{ kN/m}^2 (-)$$



La parte de cubierta que le corresponde a cada correa y, por lo tanto, sobre la que tiene que ejercer su efecto, se corresponde con la distancia entre correas. Dejando una distancia en los bordes de la cubierta de 0,28 metros y colocando un total de 14 correas en toda la cubierta (7 en cada faldón), la separación que tiene que haber entre las correas es de 1,2 metros. Por lo tanto, la distancia lineal que le corresponde a cada acción será:

$$CP = 0,2 \text{ kN/m}^2 * 1,2 \text{ metros} = 0,24 \text{ kN/m}$$

$$N = 0,65 \text{ kN/m}^2 * 1,2 \text{ metros} = 0,78 \text{ kN/m}$$

$$SU = 0,4 \text{ kN/m}^2 * 1,2 \text{ metros} = 0,48 \text{ kN/m}$$

$$V_A = 0,12 \text{ kN/m}^2 * 1,2 \text{ metros} = 0,14 \text{ kN/m}$$

$$V_B = 0,37 \text{ kN/m}^2 * 1,2 \text{ metros} = 0,44 \text{ kN/m} (-)$$

Las correas están sobre la cubierta, por lo que tendrán la misma inclinación que ella. Las acciones son perpendiculares a la superficie terrestre, es decir, gravitatorias, excepto el viento que es perpendicular a las caras del edificio. Por ello, CP, N y SU tendrán que descomponerse en ejes paralelos y perpendiculares al plano de la cubierta para poder realizar los cálculos con ellas. Los vientos, en cambio, solo tendrán componente en z.

	qz (q*coseno 14,93) (kN/m)	qy (q*seno 14,93) (kN/m)
CP	0,23	0,06
N	0,75	0,2
SU	0,46	0,12
V_A	0,14	
V_B	-0,44	

5.1. Comprobación a flexión de las correas (ELU)

Combinación de acciones en el eje z

$$\text{I) } 1,35 * 0,23 + 1,5 * 0,75 + (0 * 1,5 * 0,46 + 0,6 * 1,5 * 0,14) = 1,56 \text{ kN/m.}$$

$$\text{II) } 1,35 * 0,23 + 1,5 * 0,75 + (0 * 1,5 * 0,46 + 0,6 * 1,5 * -0,44) = 1,04 \text{ kN/m.}$$

$$\text{III) } 1,35 * 0,23 + 1,5 * 0,46 + (0,5 * 1,5 * 0,75 + 0,6 * 1,5 * 0,14) = 1,7 \text{ kN/m.}$$

$$\text{IV) } 1,35 * 0,23 + 1,5 * 0,46 + (0,5 * 1,5 * 0,75 + 0,6 * 1,5 * -0,44) = 1,17 \text{ kN/m.}$$

$$\text{V) } 1,35 * 0,23 + 1,5 * 0,14 + (0 * 1,5 * 0,46 + 0,5 * 1,5 * 0,75) = 1,08 \text{ kN/m.}$$

$$\text{VI) } 1 * 0,23 + 1,5 * -0,44 + (0 * 0 * 0,46 + 0,5 * 0 * 0,75) = -0,43 \text{ kN/m.}$$

La situación más desfavorable es la combinación 3, por lo que: $q_z = 1,7 \text{ kN/m}$.

Combinación de acciones en el eje y

Es necesario hacerla solo con la combinación más desfavorable del caso anterior, es decir, la 3.

$$q_y = 1,35 * 0,06 + 1,5 * 0,12 + (0,5 * 1,5 * 0,2) = 0,41 \text{ kN/m.}$$

A partir de estas cargas se obtienen las solicitaciones:

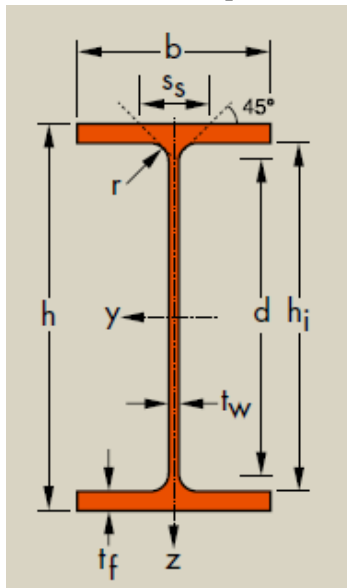
En el modelo de correas de 2 vanos: $M_{\text{máx}} = 0,100 * q * l^2$. Por lo tanto:

$$M_y = 0,1 * q_z * l^2 = 0,1 * 1,7 * 5^2 = 4,25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_z = 0,1 * q_y * l^2 = 0,1 * 0,41 * 5^2 = 1,025 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El tipo de perfil que se utilizará en las correas será un IPE-140, acero S-275 JR.

Dimensiones del perfil:



$h = 140 \text{ mm}$
 $b = 73 \text{ mm}$
 $t_w = 4,7 \text{ mm}$
 $t_f = 6,9 \text{ mm}$

Tabla con las características propias del perfil obtenida del catálogo:

	I_y (mm ⁴)	I_z (mm ⁴)	W_{plz} (mm ³)	W_{ply} (mm ³)
IPE140	541*10 ⁴	44,9*10 ⁴	19,3*10 ³	88,3*10 ³

Determinación de la clase de sección del perfil.

h (mm)	IPE						IPN						UPN					
	S235		S275		S355		S235		S275		S355		S235		S275		S355	
	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M
80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
120	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
140	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
160	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
180	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
200	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
220	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
240	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
260							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
270	2	1	2	1	3	1												
280							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
300	2	1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
320							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
330	2	1	3	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
340							1	1	1	1	1	1						
350													1	1	1	1	1	1
360	2	1	3	1	4	1	1	1	1	1	1	1						
380							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
400	3	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1						
450	3	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1						
500	3	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1						
550	4	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1						
600	4	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1						

La h son 140 mm. Un perfil IPE, acero S-275 se corresponde con la clase 1 para las comprobaciones con el axil y con el momento.

Para que las correas soporten las cargas a flexión, deben cumplir la siguiente condición:

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

Para la clase 1 la fórmula que se utiliza en el cálculo es:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

Como se debe hacer la comprobación en los dos ejes, la fórmula que resulta finalmente es:

$$\frac{\frac{ME_{dy}}{W_{ply} * f_y}}{\gamma_{M0}} + \frac{\frac{ME_{dz}}{W_{plz} * f_y}}{\gamma_{M0}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{4,25 \text{ kN} \cdot \text{m}}{88,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2}}{1,05} + \frac{\frac{1,025 \text{ kN} \cdot \text{m}}{19,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2}}{1,05} \leq 1$$

$$0,20 + 0,20 \leq 1$$

Esto significa que el momento flector en y (o las cargas en z) está agotando el 20% de la resistencia del material. El momento en el eje z agota el 20%. Este comportamiento es lógico, ya que el eje z del perfil es el eje fuerte, y el y el débil. Los perfiles IPE trabajan bien a flexión solo en un eje.

0,40 ≤ 1 --> Sí se cumple la comprobación a flexión.

5.2. Comprobación a deformación de las correas (ELS)

Ya se conoce la combinación más desfavorable a flexión. Así que calcularemos la deformación en esa misma combinación para los 2 ejes:

$$q_z = 1 * 0,23 + 1 * 0,46 + (0,5 * 1 * 0,75 + 0,6 * 1 * 0,14) = 1,15 \text{ kN/m}$$

$$q_y = 1 * 0,06 + 1 * 0,12 + (0,5 * 1 * 0,2) = 0,28 \text{ kN/m}$$

El cálculo de la flecha para una viga de dos vanos se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\delta_z = k_3 * q_z * \frac{s^4}{I_y}$$

$$\delta_y = k_3 * q_y * \frac{s^4}{I_z}$$

$$\delta_z = 3,22 * 1,15 \text{ kN/m} * \frac{(5 \text{ m})^4}{541 \text{ cm}^4} = 4,28 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 3,22 * 0,28 \text{ kN/m} * \frac{(5 \text{ m})^4}{44,9 \text{ cm}^4} = 12,55 \text{ mm}$$

Cálculo de la flecha máxima:

$$\delta_T = \sqrt{\delta_z^2 + \delta_y^2} = \sqrt{4,28^2 + 12,55^2} = 13,26 \text{ mm}$$

La limitación a la flecha que impone la norma es: $L/300$, siendo L la longitud del vano de la correa. Por lo tanto: $5000\text{mm}/300 = 16,67 \text{ mm}$

$13,26 \text{ mm} < 16,67 \text{ mm} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a deformación.

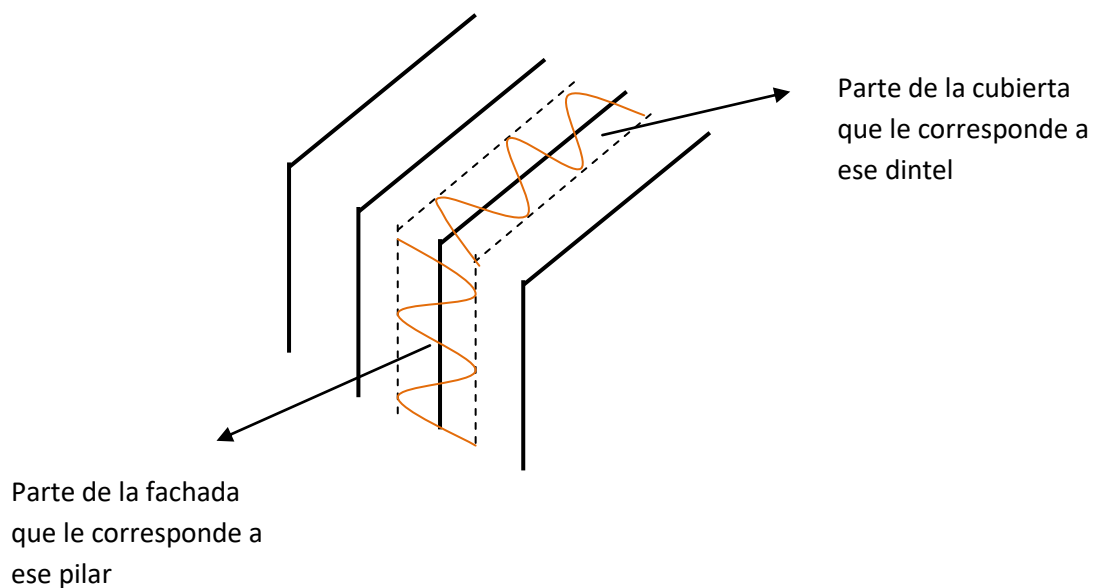
6. COMPROBACIONES SOBRE PILARES Y DINTELES

Los pilares y dinteles tienen que soportar las diferentes cargas que actúan sobre el edificio.

Los dinteles están en la cubierta, así que tienen que soportar todas las cargas y además el efecto del viento de cubierta.

Los pilares se encuentran en las fachadas laterales, así que únicamente el viento ejerce su efecto sobre ellos.

Al igual que se hizo con las correas, hay que considerar la parte de edificio que le corresponde a cada barra y sobre la que, por tanto, cada acción ejerce su influencia. Esa distancia en este caso es la distancia entre pórticos. Por ello, todas las cargas se multiplican por 5 metros.



Para este caso, la distancia lineal que le corresponde a cada acción será:

$$\text{CP: } 0,3 \text{ kN/m}^2 * 5\text{m} = 1,5 \text{ kN/m.}$$

$$\text{SU: } 0,4 \text{ kN/m}^2 * 5\text{m} = 2 \text{ kN/m.}$$

$$\text{N: } 0,65 \text{ kN/m}^2 * 5\text{m} = 3,25 \text{ kN/m.}$$

En el caso del viento, el valor es diferente según la cara que se esté considerando:

Viento en las cubiertas (solo afecta a dinteles)

$$V_A \text{ faldón izquierdo: } 0,12 \text{ kN/m}^2 * 5\text{m} = 0,6 \text{ kN/m.}$$

$$V_A \text{ faldón derecho: } 0 \text{ kN/m}^2 * 5\text{m} = 0 \text{ kN/m.}$$

$$V_B \text{ faldón izquierdo: } 0,37 \text{ kN/m}^2 * 5\text{m} = 1,85 \text{ kN/m.}$$

$$V_B \text{ faldón derecho: } 0,37 \text{ kN/m}^2 * 5\text{m} = 1,85 \text{ kN/m.}$$

Viento en las fachadas (solo afecta a pilares)

$$V_A \text{ fachada izquierda: } 0,46 \text{ kN/m}^2 * 5\text{m} = 2,3 \text{ kN/m.}$$

$$V_A \text{ fachada derecha: } 0,25 \text{ kN/m}^2 * 5\text{m} = 1,25 \text{ kN/m.}$$

$$V_B \text{ fachada izquierda: } 0,45 \text{ kN/m}^2 * 5\text{m} = 2,25 \text{ kN/m.}$$

$$V_B \text{ fachada derecha: } 0,45 \text{ kN/m}^2 * 5\text{m} = 2,25 \text{ kN/m.}$$

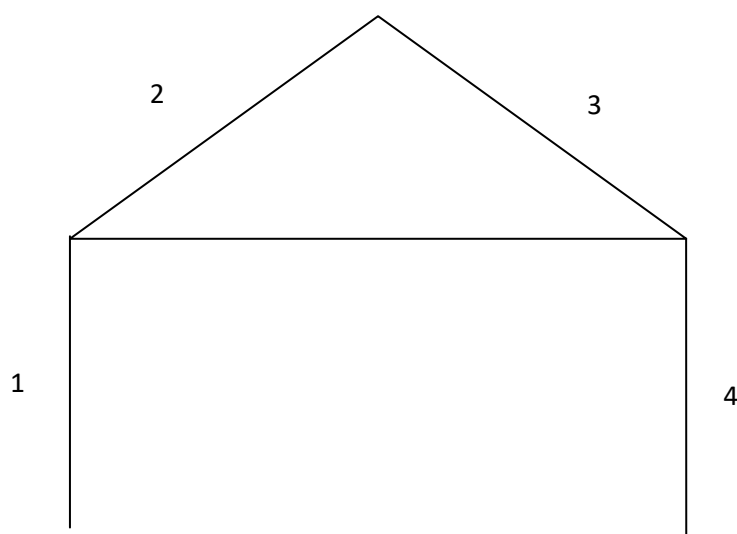
Para poder determinar los axiles, cortantes y momentos flectores que son el resultado de la combinación de todas las cargas que tiene que soportar el edificio se ha utilizado el software “Prontuario informático de estructuras metálicas y mixtas”.

Una vez calculados, se seleccionan los máximos valores, y con ellos, se dimensionan los pilares y dinteles, comprobando que cumplen con todas las especificaciones que impone la normativa.

6.1. Comprobación a flexión de pilares y dinteles (ELU)

Se trata de una serie de condiciones que deben cumplir las barras para evitar su rotura. En este caso, las cargas se deben mayorar previamente para obtener mayor seguridad en la estabilidad del edificio.

El resultado de las cargas mayoradas (en kN/m) que afectan a cada barra se muestra a continuación:



Combinación I:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1				2,07	
2	2,02	4,87		0,54	
3	2,02	4,87			
4				1,12	

Combinación II:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1					2,02
2	2,02	4,87			1,66
3	2,02	4,87			1,66
4					2,02

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)*Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples*

Combinación III:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1				2,07	
2	2,02	2,44	3	0,54	
3	2,02	2,44	3		
4				1,12	

Combinación IV:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1					2,02
2	2,02	4,87	3		1,66
3	2,02	4,87	3		1,66
4					2,02

Combinación V:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1				3,45	
2	2,02	2,44		0,9	
3	2,02	2,44			
4				1,87	

Combinación VI:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1					3,37
2	2,02				2,77
3	2,02				2,77
4					3,37

Los resultados de las leyes de esfuerzos obtenidos con el software fueron los siguientes:

Esfuerzos más desfavorables en pilares (barras 1 y 4) en la combinación de acciones I:

N	V	M
-76,090 kN	-68,104 kN	123,079 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles (barras 2 y 3) en la combinación de acciones I:

N	V	M
-76,604 kN	-64,744 kN	-76,193 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en pilares (barras 1 y 4) en la combinación de acciones II:

N	V	M
-56,143 kN	-53,215 kN	92,082 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles (barras 2 y 3) en la combinación de acciones II:

N	V	M
-56,140 kN	-47,155 kN	-58,473 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en pilares (barras 1 y 4) en la combinación de acciones III:

N	V	M
-82,167 kN	-73,213 kN	132,261 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles (barras 2 y 3) en la combinación de acciones III:

N	V	M
-82,681 kN	-69,853 kN	-82,338 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en pilares (barras 1 y 4) en la combinación de acciones IV:

N	V	M
-88,130 kN	-80,105 kN	140,410 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles (barras 2 y 3) en la combinación de acciones IV:

N	V	M
-88,125 kN	-74,045 kN	-90,815 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en pilares (barras 1 y 4) en la combinación de acciones V:

N	V	M
-51,931 kN	-50,563 kN	92,000 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles (barras 2 y 3) en la combinación de acciones V:

N	V	M
-52,793 kN	-44,953 kN	-51,275 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en pilares (barras 1 y 4) en la combinación de acciones VI:

N	V	M
7,363 kN	-6,260 kN	4,595 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles (barras 2 y 3) en la combinación de acciones VI:

N	V	M
11,405 kN	6,260 kN	4,596 kN·m

De todas ellas, se seleccionan las más desfavorables dentro de las 6 combinaciones y se hacen las comprobaciones con ellas:

Esfuerzos más desfavorables en pilares:

N	V	M
-88,130 kN	-80,105 kN	140,410 kN·m

Esfuerzos más desfavorables en dinteles:

N	V	M
-88,125 kN	-74,045 kN	-90,815 kN·m

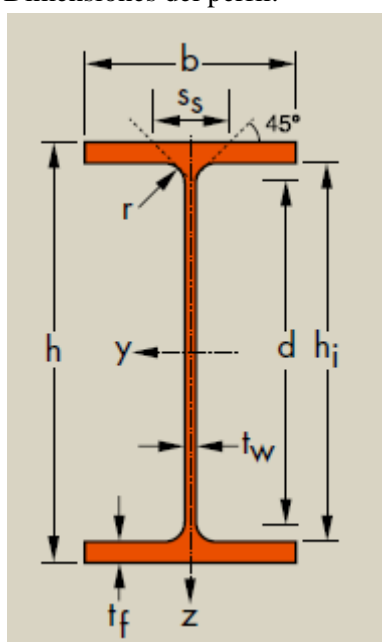
6.1.1. Comprobaciones ELU en pilares

Los pilares se dimensionarán para el valor de los esfuerzos mayores que tienen que soportar:

N	V	M
-88,130 kN	-80,105 kN	140,410 kN·m

El perfil seleccionado para estas barras es: IPE-330, acero: S-275 JR

Dimensiones del perfil:



$h = 330 \text{ mm}$
 $b = 160 \text{ mm}$
 $t_w = 7,5 \text{ mm}$
 $t_f = 11,5 \text{ mm}$

Tabla con las características propias del perfil obtenida del catálogo:

	I_y (mm ⁴)	I_z (mm ⁴)	I_y (mm)	I_z (mm)	A (mm ²)	W_{plz} (mm ³)	W_{ply} (mm ³)	A_v (mm ²)	I_T (mm ⁴)	I_w (mm ⁶)
IPE330	11770*10 ⁴	788*10 ⁴	13,7*10	3,55*10	62,6*10 ²	154*10 ³	804*10 ³	30,8*10 ²	28,2*10 ⁴	199*10 ⁶

1. Determinación de la clase de sección del perfil.

La h son 330 mm. Para un perfil de estas características, le corresponde una clase 3 para las comprobaciones con N y clase 1 para las M.

2. Determinación de la resistencia del acero.

La $t \leq 16$. Para un acero de este tipo, la tensión de límite elástico vale 275 N/mm^2 .

3. Comprobación a compresión.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$N_{ed} \leq N_{c,Rd}$$

donde:

N_{Ed} es el axil máximo debido a las acciones, es decir: 67,851 kN.

$N_{c,Rd}$ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{62,6 \times 10^2 (\text{mm}^2) * 275 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{1,05} = 1639523,81 \text{ N}$$

$88,130 \text{ kN} \leq 1639,52 \text{ kN} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a compresión

4. Comprobación a flexión.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$M_{ed} \leq M_{c,Rd}$$

donde:

M_{Ed} es el momento máximo debido a las acciones, es decir: 155,778 kN.

$M_{c,Rd}$ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{804 \times 10^3 (\text{mm}^3) * 275 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{1,05} = 210571428,6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$140,410 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq 210,57 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a flexión

5. Comprobación a compresión más flexión.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{ed,y}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

Entonces:

$$\frac{88,130 \text{ kN}}{1639,52 \text{ kN}} + \frac{140,410 \text{ kN} \cdot \text{m}}{210,57 \text{ kN} \cdot \text{m}} \leq 1$$

$$0,054 + 0,67 = 0,72$$

Esto significa que la compresión está agotando el 5,4% de la resistencia del material. La flexión, en cambio, agota un porcentaje mucho más pequeño, 67%.

$0,72 \leq 1 \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a compresión más flexión

6. Comprobación a cortante.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$V_{ed} \leq V_{pl,Rd}$$

donde:

V_{Ed} es el cortante máximo debido a las acciones, es decir: 80,105 kN.

$V_{pl,Rd}$ Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{MO}} = \frac{30,8 * 10^2 \text{ mm}^2 * \left(\frac{275 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{3}}\right)}{1,05} = 465729,2 \text{ N}$$

$80,105 \text{ kN} \leq 465,73 \text{ kN} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a cortante

7. Comprobación a flexión más cortante.

Si: $V_{Ed} < 50\% * V_{pl,Rd} \rightarrow$ No es necesario hacer la comprobación

$$80,105 \text{ kN} < 50\% * 465,73 \text{ kN};$$

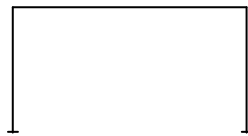
$80,105 \text{ kN} < 232,8 \text{ kN} \rightarrow$ Sí cumple, por lo que no es necesario hacer la comprobación

8. Comprobación a pandeo.

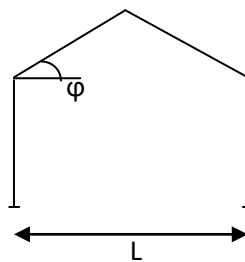
El edificio estudiado, al igual que el caso anterior, es traslacional.

Para poder realizar la comprobación a pandeo, en primer lugar hay que calcular la esbeltez de la barra para los dos ejes en los que se trabaja. Para ello se debe determinar el coeficiente de rigidez, k .

El método utilizado está pensado para pórticos de este tipo:



El pórtico del edificio que se quiere desarrollar es un pórtico a dos aguas, por lo que tiene esta forma:



Para hacer la transformación de un pórtico a otro hay que hacer la siguiente conversión en los datos del dintel:

$$I_{\text{dosaguas}} = 0,75 \cdot I_y$$

$$L_{\text{dosaguas}} = 0,75 / \cos \phi$$

Por lo tanto, los nuevos valores para los dinteles quedarán de la siguiente manera:

$$I_y' = 0,75 \cdot 11770 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 = 8827,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$L = 15000 \text{ mm} / \cos 14,93 = 15524,07 \text{ mm}$$

- Cálculo del coeficiente de rigidez, k .

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

$$K_{\text{pilar}}' = \frac{I_y}{L} = \frac{11770 \times 10^4 \text{ (mm}^4\text{)}}{3000 \text{ mm}} = 39233,34 \text{ mm}^3$$

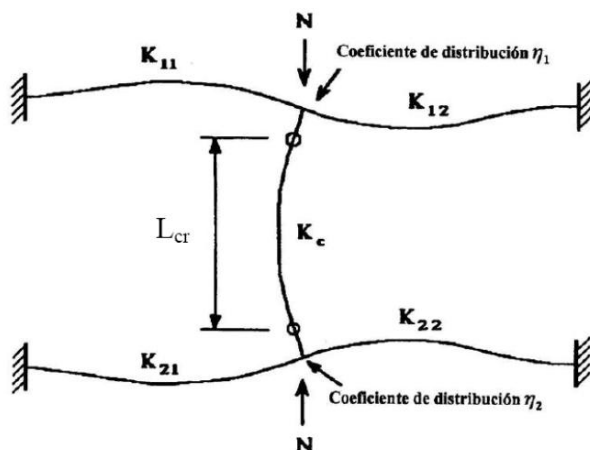
$$K_{\text{dintel}} = \alpha \times \frac{I_y'}{L'} = 1,5 \times \frac{8827,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{15524,07 \text{ mm}} = 8529,5 \text{ mm}^3$$

* $\alpha=1,5$ en estructuras intraslacionales y $0,5$ en estructuras traslacionales

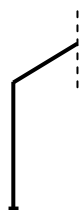
- Cálculo del coeficiente β en pilares.

En primer lugar, hay que calcular el coeficiente de distribución, η :

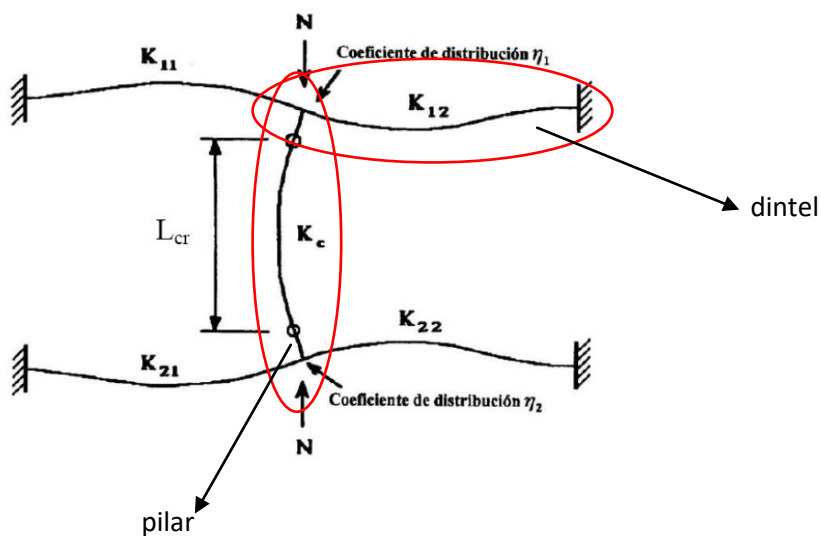
Para poder determinarlo hay que hallar la longitud de pandeo, asimilando nuestra barra al esquema siguiente:



El pilar tiene esta forma:



por lo que las líneas que le corresponden a las barras según el esquema serían:



- $\eta = 0$ si es un empotramiento

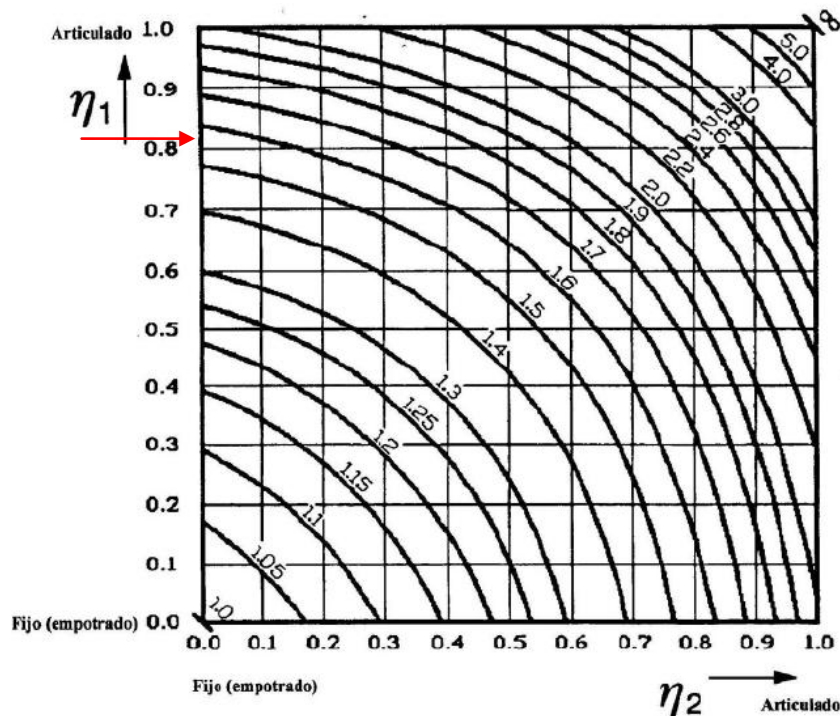
- $\eta = 1$ si es una articulación
- Si se trata de un nudo hay que calcularlo.

Aplicando una correspondencia entre las líneas seleccionadas y sus coeficientes se desarrolla la siguiente expresión para el cálculo de η :

$$\eta_1 = \frac{Kc}{Kc + K_{11} + K_{12}} = \frac{K_{pilar}}{K_{pilar} + 0 + K_{dintel}} = \frac{39233,34 \text{ mm}^3}{39233,34 \text{ mm}^3 + 8529,5 \text{ mm}^3} = 0,82$$

$$\eta_2 = 0$$

Estos valores se llevan al ábaco de pórticos traslacionales y se obtiene el coeficiente β .



En este caso el coeficiente β tiene un valor de 1,58.

- Cálculo de la esbeltez para los dos ejes, λ_y y λ_z .

Las fórmulas utilizadas para el cálculo son las siguientes:

$$\lambda_y = \frac{\beta_y * l_y}{i_y}$$

$$\lambda_z = \frac{\beta_z * l_z}{i_z}$$

- l_y y l_z se corresponden con las longitudes entre puntos de arriostramientos
- β_y y β_z representan el pandeo en los dos planos considerados.

β_y se corresponde con el pandeo en el plano del pórtico, que se da en el eje y. En este caso, se producirá pandeo, arrastrando las barras y todos los elementos que lleven. Los arriostramientos no evitan el pandeo. Por ello se considera que l_y es toda la longitud de la barra y el valor de β_y es el calculado anteriormente.

β_z se corresponde con el pandeo en el plano perpendicular al pórtico, que se da en el eje z. En este caso, los arriostramientos sí que impiden el pandeo. Es por ello que l_z se corresponde con la distancia entre los puntos de arriostramiento. En este caso, en el que no hay correas laterales que impidan el pandeo, la distancia de pandeo lateral será la longitud de la barra. El coeficiente β_z es igual a 1, porque se trata de una barra biarticulada.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se calcula la esbeltez de la barra para los 2 ejes:

$$\lambda_y = \frac{1,58 * 3000 \text{ mm}}{12,5 * 10 \text{ mm}} = 37,92$$

$$\lambda_z = \frac{1 * 3000 \text{ mm}}{3,35 * 10 \text{ mm}} = 89,55$$

A continuación se calcula la esbeltez de referencia para el tipo de acero considerado o λ_{EULER} como sigue:

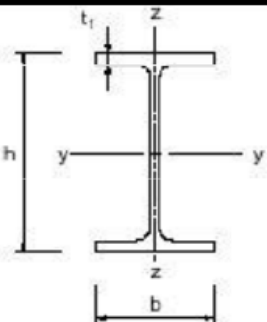
$$\lambda_{EULER} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{fy}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{275}} = 86,8$$

A continuación se calcula la esbeltez adimensional:

$$\lambda^-_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{37,92}{86,8} = 0,44$$

$$\lambda^-_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{89,55}{86,8} = 1,03$$

Por último se determina la curva de pandeo que corresponde mediante la siguiente tabla:

Sección transversal		Limites	Pandeo alrededor del eje	Curva de pandeo		
				S 235 S 275 S 355 S 420	S 460	
Secciones de perfiles laminados		$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a b	a ₀ a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	b c	a a
		$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	a a
			$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d d	c c

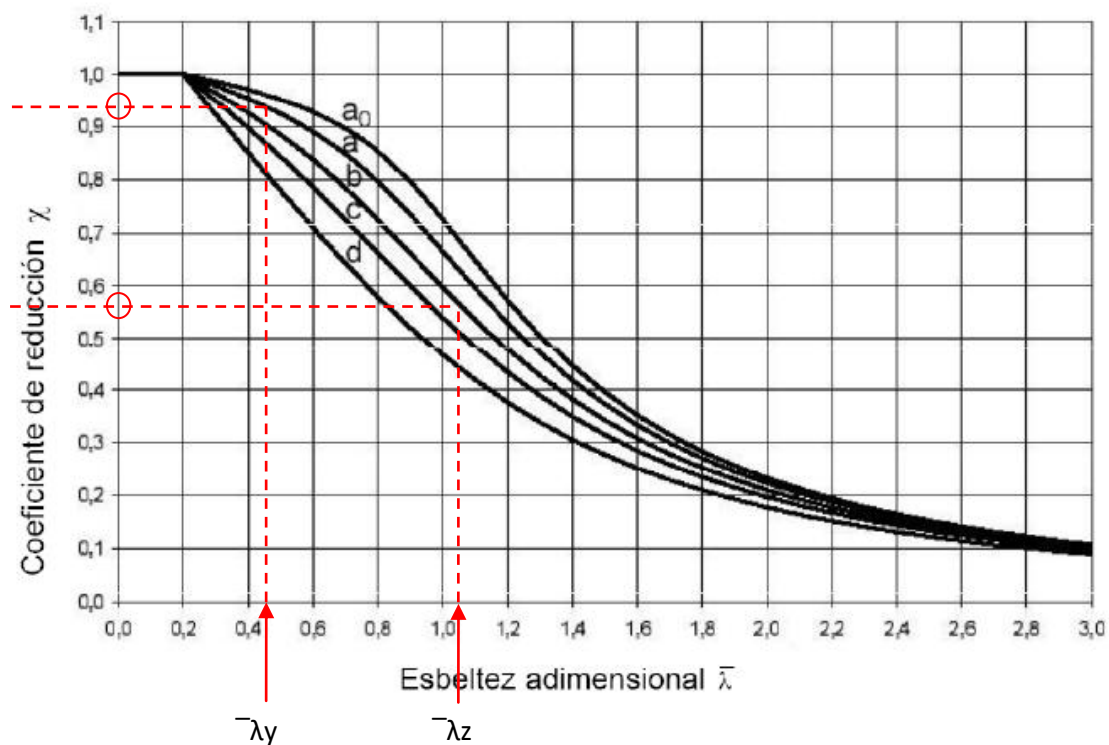
$$h/b = 330 \text{ mm}/160 \text{ mm} = 2,06; h/b > 1,2$$

$$t_f = 11,5 \text{ mm}; t_f < 40 \text{ mm}$$

Acero S 275

Por lo tanto, al pandeo en el eje y le corresponde la curva a y al pandeo en el eje z, la curva b.

Con estos valores hay que ir a la curva de pandeo y obtener los coeficientes de reducción, χ .



$$\chi_y = 0,94$$

$$\chi_z = 0,56$$

De estos dos valores nos quedamos con el más desfavorable, que es, 0,56, y hacemos la comprobación a pandeo con él.

La condición que se debe cumplir es la siguiente:

$$N_{ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = \chi * \frac{A * f_y}{\gamma_{MO}} = 0,56 * \frac{62,6 \cdot 10^2 \text{ (mm}^2\text{)} * 275 \left(\frac{N}{\text{mm}^2}\right)}{1,05} = 918133,34 \text{ N}$$

$$88,130 \text{ kN} < 918,13 \text{ kN} \rightarrow \text{Sí cumple la comprobación a pandeo}$$

9. Comprobación a pandeo lateral.

La condición que se debe cumplir en este caso es:

$$M_{ed} \leq M_{b,Rd}$$

donde:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}}$$

Para poder determinar $M_{b,Rd}$, hay que determinar el valor del coeficiente de reducción de pandeo lateral, χ_{LT} .

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}}$$

donde:

$$M_{cr} = \frac{C_1 * \pi^2 * E * I_z}{L^2} \left(\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} \right)^{1/2}$$

donde:

G: módulo de elasticidad transversal del acero = 81000 N/mm².

E: módulo de elasticidad lineal del acero = 210000 N/mm².

I_T : momento de inercia de alabeo = 28,2*10⁴ mm⁴.

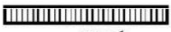
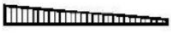





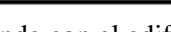
I_w : momento de inercia de torsión = 199*10⁶ mm⁶.

I_z : momento de inercia en el plano débil z-z = 788*10⁴ mm⁴.

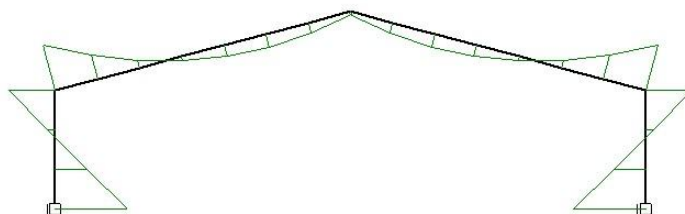
L: longitud entre puntos de arriostramiento que impiden el pandeo lateral

$C_1 = 1/(K_C)^2$: depende de la forma del diagrama flector de la pieza

Para poder determinar el valor de C_1 hay que comparar el diagrama de momentos flectores para pilares de la combinación más desfavorable y ver su correspondencia con alguno de los diagramas siguientes:

Distribución de momentos	k_c
 $\psi = 1$	1,0
 $-1 \leq \psi \leq 1$	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

El diagrama que corresponde con el edificio que se está estudiando es:

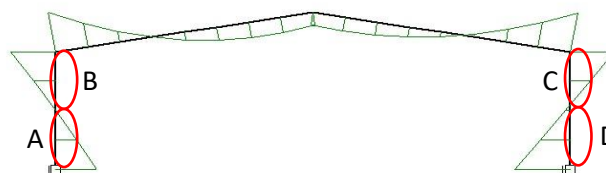


Para el caso de los pilares se observa que no existe correspondencia entre el diagrama y los que ofrece la norma. Es por ello, que C_1 se debe determinar mediante la siguiente expresión:

$$Kc = \frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$$

donde:

ψ es la relación que existe entre el momento flector máximo que se alcanza en las zonas de tracción y en las de compresión.



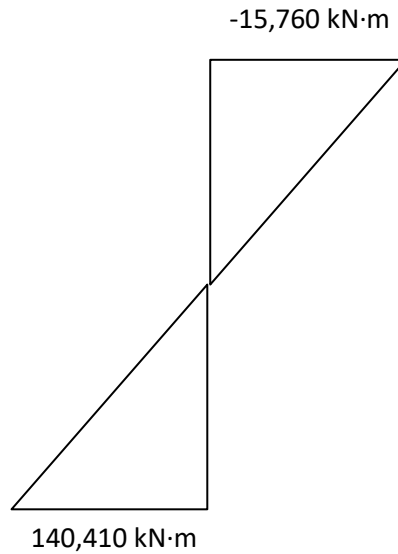
El pandeo lateral se produce en las alas del perfil que están sometidas a flexión, debido a las tensiones de compresión generadas por el momento flector. Del diagrama se deduce que en las zonas A y D, las alas del perfil que están comprimidas son las que quedan en el parte exterior del edificio, mientras que en las zonas B y C las alas comprimidas se encuentran en el interior. Como en los pilares no hay correas que puedan impedir el pandeo lateral, se considerará cualquiera de las zonas que tenga mayor extensión para realizar la comprobación.

Para conocer estas longitudes de pandeo y el valor de ψ recurrimos a los datos del diagrama de momentos extraídos del Prontuario:

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-64,309	80,105	140,404
1	1,00	0,000	1,000	-64,309	78,085	61,309
1	1,00	0,000	1,000	-64,309	78,085	61,309
1	2,00	0,000	2,000	-64,309	76,065	-15,766
1	2,00	0,000	2,000	-64,309	76,065	-15,766
1	3,00	0,000	3,000	-64,309	74,045	-90,821
1	3,00	0,000	3,000	-88,130	-43,028	-90,821
4	1,00	15,000	2,000	-64,291	-76,065	-15,760
4	1,00	15,000	2,000	-64,291	-76,065	-15,760
4	2,00	15,000	1,000	-64,291	-78,085	61,315
4	2,00	15,000	1,000	-64,291	-78,085	61,315
4	3,00	15,000	0,000	-64,291	-80,105	140,410

En este caso, la longitud mayor también se corresponde con la zona D , por lo que será la que se tomará como longitud de pandeo lateral. Su valor es 1,65 metros.

Los valores del momento máximo en la barra 4 son los siguientes:



Según esto, el valor de ψ será: $\psi = -15,760 / 140,410 = -0,11$

$$K_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 * (-0,11)} = 0,73$$

$$C_1: 1/(K_c)^2 = 1/0,73^2 = 1,88$$

Con esto, se calcula el valor de M_{cr} :

$$M_{cr} = \frac{C_1 * \pi^2 * E * I_z}{L^2} \left(\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} \right)^{1/2}$$

$$M_{cr} = \frac{1,88 * \pi^2 * 210000 \text{ N/mm}^2 * 788 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{1650^2 \text{ mm}^2} \left(\frac{199 \cdot 10^6 \text{ mm}^6}{788 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} + \frac{1650^2 \text{ mm}^2 * 81000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 28,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{\pi^2 * 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 788 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \right)^{1/2}$$

$$M_{cr} = 698189562,9 \text{ N} \cdot \text{mm} = 698,2 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

y posteriormente el de λ_{LT}^- :

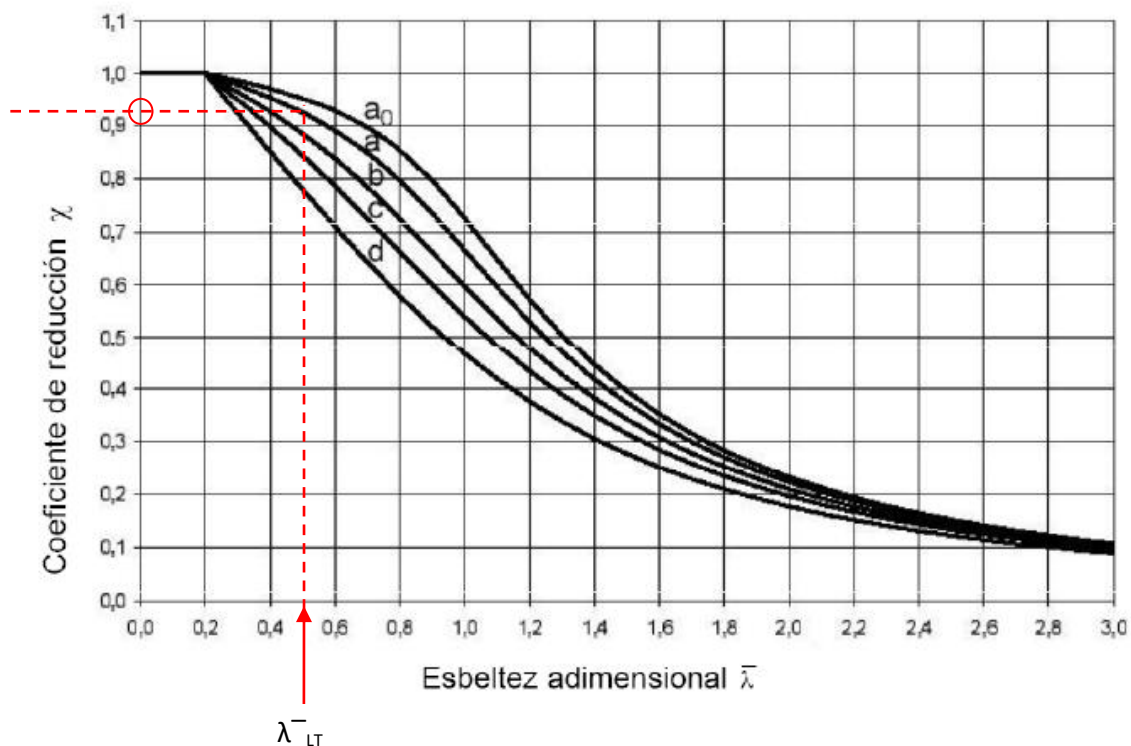
$$\lambda_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{628 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2}{698,2 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}}} = 0,5$$

A continuación, se busca en la siguiente tabla al curva de pandeo correspondiente según el perfil seleccionado:

Sección transversal	Límites	Curva de pandeo
Secciones de perfiles laminados en doble T	$h / b \leq 2$	a
	$h / b > 2$	b
Secciones soldadas en doble T	$h / b \leq 2$	c
	$h / b > 2$	d
Otras secciones	-	d

$$h/b = 330 \text{ mm}/160 \text{ mm} = 2,06; h/b > 2.$$

La curva de pandeo que corresponde es la a.



El coeficiente de reducción, χ_{LT} vale 0,925

Finalmente, se calcula $M_{b,Rd}$ y se compara con el momento máximo:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,925 * 804 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 194778571,4 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$140,410 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq 194,78 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow$ Sí cumple la condición de pandeo lateral

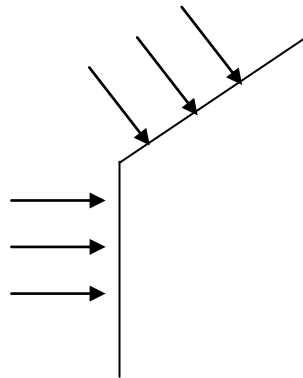
10. Comprobación a pandeo más pandeo lateral.

La pieza debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} * \frac{M_{y,Edmáx}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{Mz}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} * \frac{M_{z,Edmáx}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

*El tercer término no se considera porque, al trabajar en dos dimensiones, no hay momento flector en z. Por lo tanto, los términos que habría que calcular previamente son $N_{cr,y}$ y C_{My} .

C_{My} y C_{Mz} son los coeficientes que modifican la flexión en y y en z.



Para elementos sometidos a cargas perpendiculares a su directriz, en este caso de pilares, según el método simplificado C_M vale 1.

Por otro lado, $N_{cr,y}$ se calcula de la siguiente manera:

$$N_{cr,y} = \frac{A * f_y}{(\lambda_y^-)^2} = \frac{62,6 \cdot 10^2 mm^2 * 275 N/mm^2}{0,44^2} = 8892045,45 N$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} * \frac{M_{y,Edmáx}}{\chi_{LT} * \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{88130 N}{918133,34 N} + \frac{1}{1 - \frac{88130 N}{8892045,45 N}} * \frac{140410 N \cdot m}{0,925 * 210571,4 N \cdot m} \leq 1$$

$0,82 \leq 1 \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a pandeo más pandeo lateral.

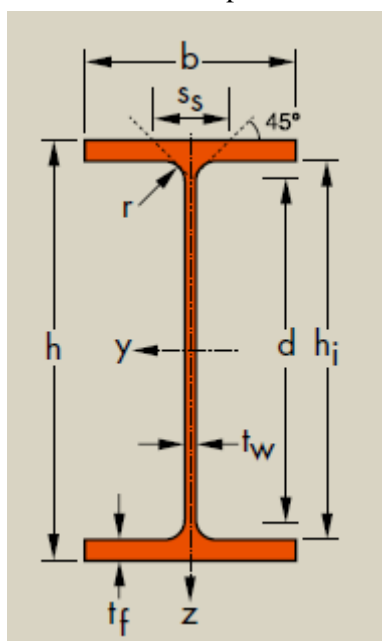
6.1.2. Comprobaciones ELU en dinteles

Los dinteles se dimensionarán para el valor de los esfuerzos mayores que tienen que soportar:

N	V	M
-88,125 kN	-74,045 kN	-90,815 kN·m

El perfil seleccionado para estas barras es: IPE-330, acero: S-275 JR

Dimensiones del perfil:



h = 330 mm
b = 160 mm
tw = 7,5 mm
tf = 11,5 mm

Tabla con las características propias del perfil obtenida del catálogo:

	I _y (mm ⁴)	I _z (mm ⁴)	I _y (mm)	I _z (mm)	A (mm ²)	W _{plz} (mm ³)	W _{ply} (mm ³)	A _v (mm ²)	I _T (mm ⁴)	I _w (mm ⁶)
IPE330	11770*10 ⁴	788*10 ⁴	13,7*10	3,55*10	62,6*10 ²	154*10 ³	804*10 ³	30,8*10 ²	28,2*10 ⁴	199*10 ⁶

1. Determinación de la clase de sección del perfil.

La h son 330 mm. Para un perfil de estas características, le corresponde una clase 3 para las comprobaciones con N y clase 1 para las M.

2. Determinación de la resistencia del acero.

La $t \leq 16$. Para un acero de este tipo, la tensión de límite elástico vale 275 N/mm^2 .

3. Comprobación a compresión.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$N_{ed} \leq N_{c,Rd}$$

donde:

N_{Ed} es el axil máximo debido a las acciones, es decir: 88,125 kN.

$N_{c,Rd}$ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{62,6 * 10^2 (\text{mm}^2) * 275 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{1,05} = 1639523,81 \text{ N}$$

$88,125 \text{ kN} \leq 1639,52 \text{ kN} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a compresión

4. Comprobación a flexión.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$M_{ed} \leq M_{c,Rd}$$

donde:

M_{Ed} es el momento máximo debido a las acciones, es decir: 90,815 kN·m.

$M_{c,Rd}$ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{804 \cdot 10^3 (\text{mm}^3) * 275 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{1,05} = 210571428,6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$90,815 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq 210,57 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow$ Sí se cumple la comprobación a flexión

5. Comprobación a compresión más flexión.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{ed,y}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

Entonces:

$$\frac{88,125 \text{ kN}}{1639,52 \text{ kN}} + \frac{90,815 \text{ kN} \cdot \text{m}}{210,57 \text{ kN} \cdot \text{m}} \leq 1$$

$$0,054 + 0,43 = 0,48$$

Esto significa que la compresión está agotando el 5,4% de la resistencia del material. La flexión, en cambio, agota un porcentaje mucho más pequeño, 43%.

$0,48 \leq 1$ --> Sí se cumple la comprobación a compresión más flexión.

6. Comprobación a cortante.

El perfil elegido debe cumplir la siguiente condición:

$$V_{ed} \leq V_{pl,Rd}$$

donde:

V_{Ed} es el cortante máximo debido a las acciones, es decir: 74,045 kN.

$V_{pl,Rd}$ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{MO}} = \frac{30,8 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 * \left(\frac{275 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{3}} \right)}{1,05} = 465729,2 \text{ N}$$

$74,045 \text{ kN} \leq 465,73 \text{ kN}$ --> Sí se cumple la comprobación a cortante

7. Comprobación a flexión más cortante.

Si: $V_{Ed} < 50\% * V_{pl,Rd}$ --> No es necesario hacer la comprobación

$$74,045 \text{ kN} < 50\% * 465,73 \text{ kN}$$

$74,045 \text{ kN} < 232,8 \text{ kN}$ --> Sí cumple, por lo que no es necesario hacer la comprobación

8. Comprobación a pandeo.

Los coeficientes de rigidez para pilares y dinteles se calcularon previamente:

- Cálculo del coeficiente de rigidez, k .

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

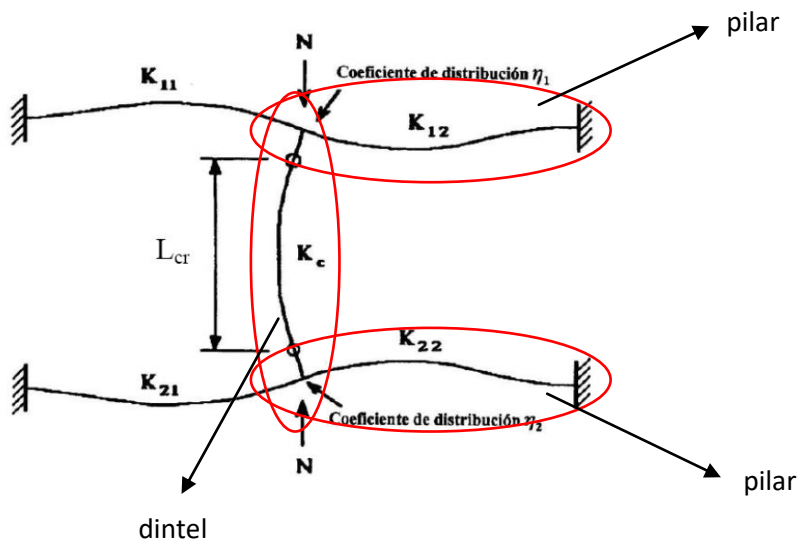
$$K_{pilar}' = \frac{I_y}{L} = \frac{11770 \cdot 10^4 \text{ (mm}^4\text{)}}{3000 \text{ mm}} = 39233,34 \text{ mm}^3$$

$$K_{dintel} = \alpha \times \frac{I_y'}{L'} = 1,5 \times \frac{8827,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{15524,07 \text{ mm}} = 8529,5 \text{ mm}^3$$

* $\alpha=1,5$ en estructuras intraslacionales y $0,5$ en estructuras traslacionales.

- Cálculo del coeficiente β en dinteles.

En este caso, las líneas que le corresponden a los dinteles según el esquema serían:

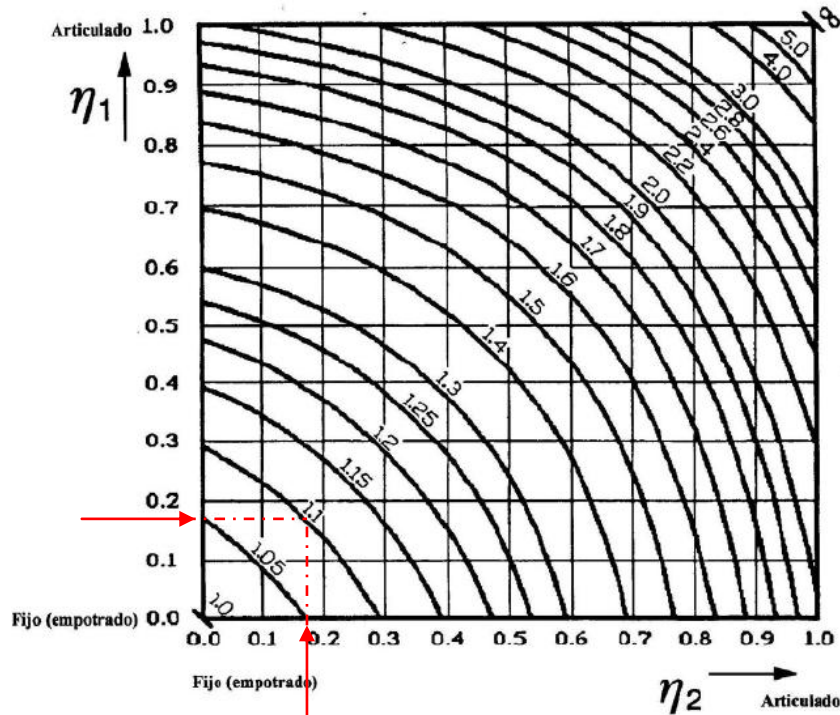


Aplicando una correspondencia entre las líneas seleccionadas y sus coeficientes se desarrolla la siguiente expresión para el cálculo de η :

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{11} + K_{12}} = \frac{K_{dintel}}{K_{dintel} + 0 + K_{pilar}} = \frac{8529,5 \text{ mm}^3}{8529,5 \text{ mm}^3 + 39233,34 \text{ mm}^3} = 0,18$$

$$\eta_2 = \frac{K_c}{K_c + K_{21} + K_{22}} = \frac{K_{dintel}}{K_{dintel} + 0 + K_{pilar}} = \frac{8529,5 \text{ mm}^3}{8529,5 \text{ mm}^3 + 39233,34 \text{ mm}^3} = 0,18$$

Estos valores se llevan al ábaco de pórticos traslacionales y se obtiene el coeficiente β .



En este caso el coeficiente β tiene un valor de 1,1.

- Cálculo de la esbeltez para los dos ejes, λ_y y λ_z .

Las fórmulas utilizadas para el cálculo son las siguientes:

$$\lambda_y = \frac{\beta_y * l_y}{i_y}$$

$$\lambda_z = \frac{\beta_z * l_z}{i_z}$$

- l_y y l_z se corresponden con las longitudes entre puntos de arriostramientos
- β_y y β_z representan el pandeo en los dos planos considerados.

β_y se corresponde con el pandeo en el plano del pórtico, que se da en el eje y. En este caso, se producirá pandeo, arrastrando las barras y todos los elementos que lleven. Los arriostramientos no evitan el pandeo. Por ello se considera que l_y es la luz del pórtico y el valor de β_y es el calculado anteriormente.

β_z se corresponde con el pandeo en el plano perpendicular al pórtico, que se da en el eje z. En este caso, existen arriostramientos que impiden el pandeo que son las correas de cubierta. Es por ello que l_z se corresponde con la distancia entre correas. El coeficiente β_z es igual a 1, porque es una barra biarticulada.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se calcula la esbeltez de la barra para los 2 ejes:

$$\lambda_y = \frac{1,1 * 15000 \text{ mm}}{13,7 * 10 \text{ mm}} = 120,44$$

$$\lambda_z = \frac{1 * 1200 \text{ mm}}{3,55 * 10 \text{ mm}} = 33,8$$

A continuación se calcula la esbeltez de referencia para el tipo de acero considerado o λ_{EULER} como sigue:

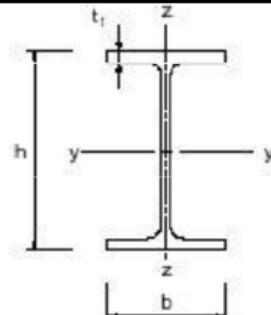
$$\lambda_{EULER} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{fy}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{275}} = 86,8$$

A continuación se calcula la esbeltez adimensional:

$$\lambda^-_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{120,44}{86,8} = 1,39$$

$$\lambda^-_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{33,8}{86,8} = 0,39$$

Por último se determina la curva de pandeo que corresponde mediante la siguiente tabla:

Sección transversal		Limites	Pandeo alrededor del eje	Curva de pandeo		
				S 235 S 275 S 355 S 420	S 460	
Secciones de perfiles laminados		$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a b	a ₀ a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	b c	a a
		$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	a a
			$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d d	c c

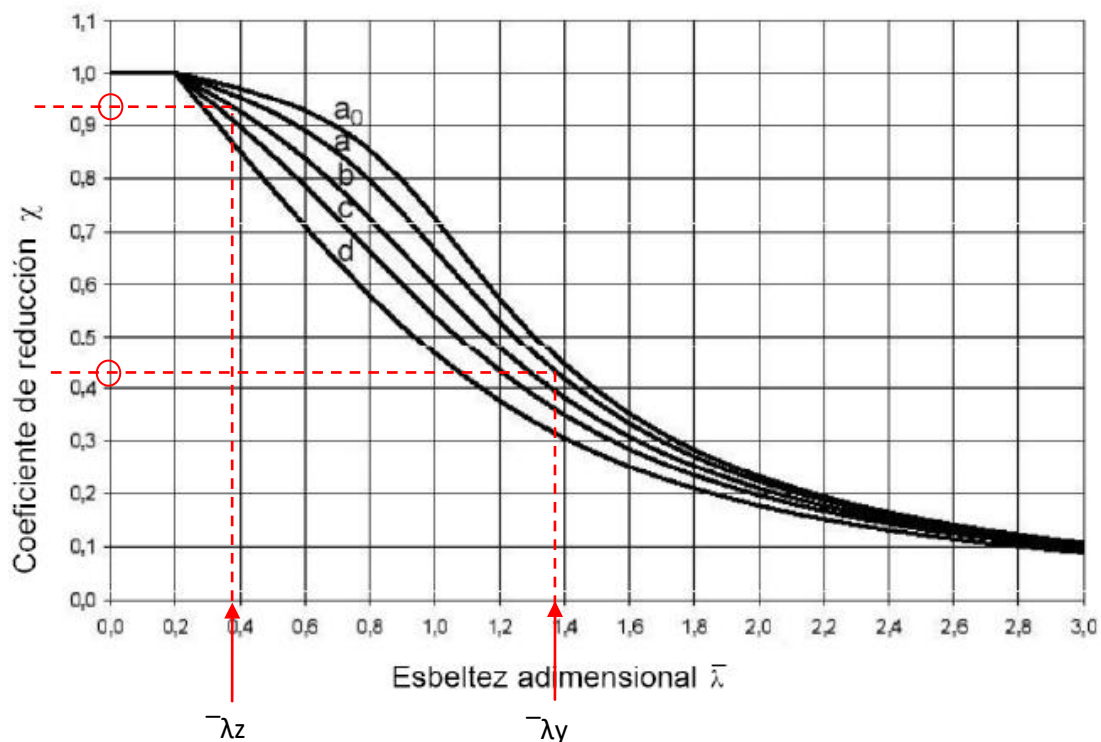
$$h/b = 330 \text{ mm}/160 \text{ mm} = 2,06; h/b > 1,2$$

$$t_f = 11,5 \text{ mm}; t_f < 40 \text{ mm}$$

Acero S 275

Por lo tanto, al pandeo en el eje y le corresponde la curva a y al pandeo en el eje z, la curva b.

Con estos valores hay que ir a la curva de pandeo y obtener los coeficientes de reducción, χ .



$$\chi_y = 0,43$$

$$\chi_z = 0,93$$

De estos dos valores nos quedamos con el más desfavorable, que es, 0,43, y hacemos la comprobación a pandeo con él.

La condición que se debe cumplir es la siguiente:

$$N_{ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = 0,43 \cdot \frac{62,6 \cdot 10^2 \text{ (mm}^2\text{)} \cdot 275 \left(\frac{N}{\text{mm}^2} \right)}{1,05} = 704995,24 N$$

$$88,125 \text{ kN} \leq 704,995 \text{ kN} \rightarrow \text{Sí cumple la comprobación a pandeo}$$

9. Comprobación a pandeo lateral.

La condición que se debe cumplir en este caso es:

$$M_{ed} \leq M_{b,Rd}$$

donde:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}}$$

Para poder determinar $M_{b,Rd}$, hay que determinar el valor del coeficiente de reducción de pandeo lateral, λ_{LT} .

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}}$$

donde:

$$M_{cr} = \frac{C_1 * \pi^2 * E * I_z}{L^2} \left(\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} \right)^{1/2}$$

donde:

G: módulo de elasticidad transversal del acero = 81000 N/mm².

E: módulo de elasticidad lineal del acero = 210000 N/mm².

I_T : momento de inercia de alabeo = 28,2*10⁴ mm⁴.

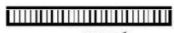
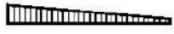






I_w : momento de inercia de torsión = 199*10⁶ mm⁶.

I_z : momento de inercia en el plano débil z-z = 788*10⁴ mm⁴.

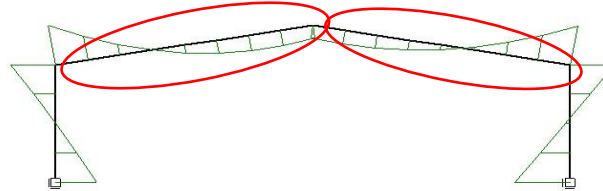
L: longitud entre puntos de arriostramiento que impiden el pandeo lateral.

$C_1 = 1/(K_C)^2$: depende de la forma del diagrama flector de la pieza.

Para poder determinar el valor de C_1 hay que comparar el diagrama de momentos flectores para dinteles de la combinación más desfavorable y ver su correspondencia con alguno de los diagramas siguientes:

Distribución de momentos	k_c
 $\psi = 1$	1,0
 $-1 \leq \psi \leq 1$	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$
 $\psi = 0$	0,94
 $\psi = 0$	0,90
 $\psi = 0$	0,91
 $\psi = 0$	0,86
 $\psi = 0$	0,77
 $\psi = 0$	0,82

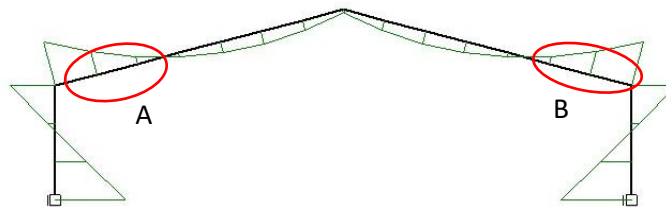
El diagrama que corresponde con el edificio que se está estudiando es:



Para el caso de los dinteles se observa que la forma del diagrama se corresponde con un valor de K_C de 0,91 . Así, C_1 resulta:

$$C_1: 1/(K_C)^2 = 1/0,91^2 = 1,2$$

Para determinar la longitud de pandeo lateral en los dinteles nos fijamos únicamente en las alas que están a compresión que se encuentran en la zona interna del edificio. En el exterior existen correas de cubierta que impiden el pandeo lateral, por lo que ahí la longitud de pandeo lateral es la distancia entre las correas.

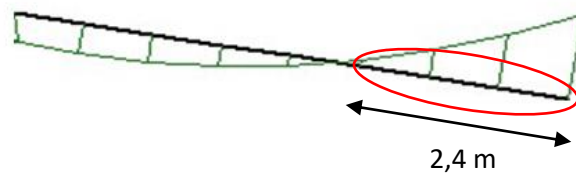


Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
2	1,11	1,071	3,286	-85,301	-34,276	-47,974
2	1,11	1,071	3,286	-85,263	-34,370	-47,974
2	2,22	2,143	3,571	-82,433	-25,612	-14,707
2	2,22	2,143	3,571	-82,461	-25,521	-14,707
2	3,33	3,214	3,857	-79,633	-16,769	8,733
2	3,33	3,214	3,857	-79,629	-16,788	8,733
2	4,44	4,286	4,143	-76,798	-8,028	22,500
2	4,44	4,286	4,143	-76,800	-8,010	22,500

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

2	5,54	5,357	4,429	-73,971	0,742	26,529
2	5,54	5,357	4,429	-73,972	0,660	26,529
2	6,65	6,429	4,714	-71,142	9,418	20,940
2	6,65	6,429	4,714	-71,131	9,496	20,940
2	7,76	7,500	5,000	-68,308	18,232	5,562
2	7,76	7,500	5,000	-68,303	-18,249	5,562
3	1,11	8,571	4,714	-71,132	-9,497	20,941
3	1,11	8,571	4,714	-71,142	-9,418	20,941
3	2,22	9,643	4,429	-73,973	-0,661	26,531
3	2,22	9,643	4,429	-73,972	-0,742	26,531
3	3,33	10,714	4,143	-76,800	8,010	22,503
3	3,33	10,714	4,143	-76,798	8,027	22,503
3	4,44	11,786	3,857	-79,629	16,787	8,737
3	4,44	11,786	3,857	-79,633	16,769	8,737
3	5,54	12,857	3,571	-82,462	25,521	-14,702
3	5,54	12,857	3,571	-82,434	25,612	-14,702
3	6,65	13,929	3,286	-85,264	34,369	-47,969
3	6,65	13,929	3,286	-85,302	34,275	-47,969
3	7,76	15,000	3,000	-88,125	43,011	-90,815
3	7,76	15,000	3,000	-64,291	-74,045	-90,815



En este caso la longitud de A y de B es la misma, 2,4 metros. Así que esa será la longitud que se tome como longitud de pandeo lateral.

Con esto, se calcula el valor de M_{cr} con el valor de $L = 2,4$ metros:

$$M_{cr} = \frac{C_1 \times \pi^2 \times E \times I_z}{L^2} \left(\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} \right)^{1/2}$$

$$M_{cr} = \frac{1,2 \times \pi^2 \times 210000 \text{ N/mm}^2 \times 788 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{2400^2 \text{ mm}^2} \left(\frac{199 \cdot 10^6 \text{ mm}^6}{788 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} + \frac{2400^2 \text{ mm}^2 \times 81000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 28,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{\pi^2 \times 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 788 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \right)^{1/2}$$

$$M_{cr} = 305871760,9 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

y posteriormente el de λ_{LT}^- :

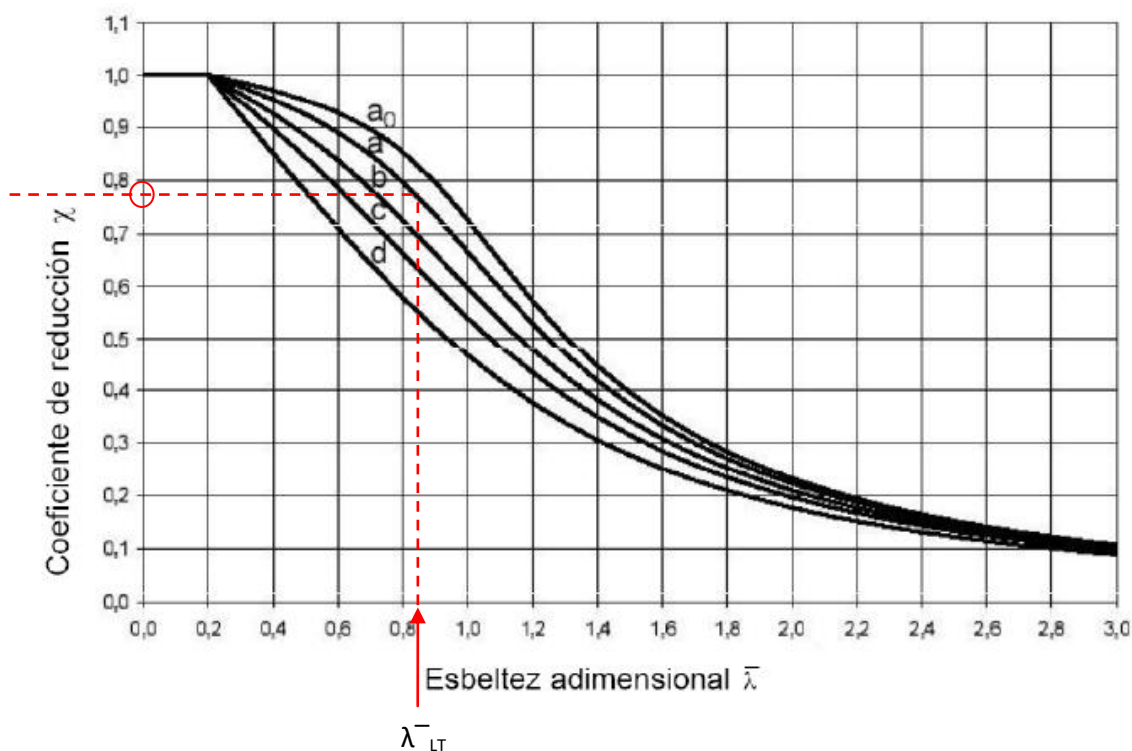
$$\lambda_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{804 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2}{305,87 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}} = 0,85$$

A continuación, se busca en la siguiente tabla la curva de pandeo correspondiente según el perfil seleccionado:

Sección transversal	Límites	Curva de pandeo
Secciones de perfiles laminados en doble T	$h / b \leq 2$	a
	$h / b > 2$	b
Secciones soldadas en doble T	$h / b \leq 2$	c
	$h / b > 2$	d
Otras secciones	-	d

$$h/b = 330 \text{ mm}/160 \text{ mm} = 2,06; h/b > 2.$$

La curva de pandeo que corresponde es la b.



El coeficiente de reducción, χ_{LT} vale 0,77

Finalmente, se calcula $M_{b,Rd}$ y se compara con el momento máximo:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,77 * 804 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 162140000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

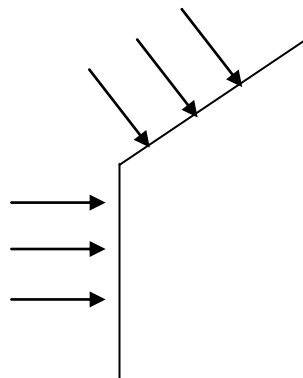
90,815 kN·m \leq 162,14 kN·m --> Sí cumple la condición de pandeo lateral

10. Comprobación a pandeo más pandeo lateral.

La pieza debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} * \frac{M_{y,Edmáx}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{Mz}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} * \frac{M_{z,Edmáx}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

*El tercer término no se considera porque, al trabajar en dos dimensiones, no hay momento flector en z. Por lo tanto, los términos que habría que calcular previamente son $N_{cr,y}$ y C_{My} . C_{My} y C_{Mz} son los coeficientes que modifican la flexión en y y en z.



Para elementos sometidos a cargas perpendiculares a su directriz, en este caso de dinteles, según el método simplificado C_M vale 1.

Por otro lado, $N_{cr,y}$ se calcula de la siguiente manera:

$$N_{cr,y} = \frac{A * f_y}{(\lambda_y^-)^2} = \frac{62,6 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 * 275 \text{ N/mm}^2}{1,39^2} = 890999,43 \text{ N}$$

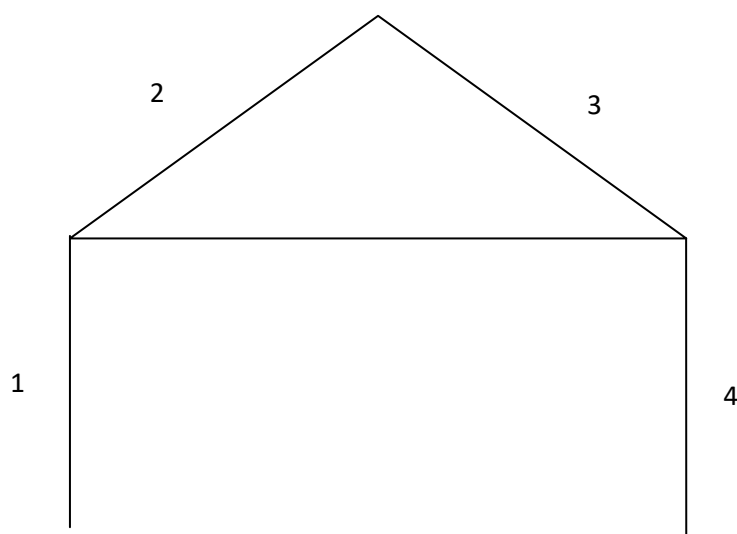
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} * \frac{M_{y,Edmáx}}{\chi_{LT} * \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{88125 \text{ N}}{704995,24 \text{ N}} + \frac{1}{1 - \frac{88125 \text{ N}}{890999,43 \text{ N}}} * \frac{90815 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,77 * 210571,43 \text{ N} \cdot \text{m}} \leq 1$$

0,75 \leq 1 --> Sí se cumple la comprobación a pandeo más pandeo lateral.

6.2. Comprobación a deformación de pilares y dinteles (ELS)

Para hacer las comprobaciones de Límite Último de Servicio, las cargas deben ir sin mayorar. Así que se procederá de la misma manera, pero introduciendo en el software los nuevos valores de cargas. Será necesario hacerlo únicamente con la combinación más desfavorable, es decir, la IV.

El resultado de las cargas sin mayorar (en kN/m) que afectan a cada barra se muestra a continuación:



Combinación IV:

Barra	CP	Nieve	SU	V _A	V _B
1					1,35
2	1,5	1,62	2		1,11
3	1,5	1,62	2		1,11
4					1,35

6.2.1. Comprobaciones ELS en pilares

Para llevar a cabo la comprobación ELS en pilares hay que estudiar las deformaciones que provocan que el edificio se desplome. Para ello, se compara el valor máximo de deformación en los pilares con los límites impuestos por la norma.

El valor máximo de la deformada en pilares que corresponde con la combinación IV vale: $u_x = 3,061$ mm.

La comprobación que se debe hacer es: $\delta < H/250$, siendo H la longitud de la barra. Por lo tanto:

$3,061 \text{ mm} < 3000/250 \text{ mm}$; $3,061 \text{ mm} < 12 \text{ mm}$ --> Sí se cumple la comprobación a deformación en pilares.

6.2.2. Comprobaciones ELS en dinteles

Para llevar a cabo la comprobación ELS en dinteles hay que estudiar las deformaciones verticales que provocan la aparición de flechas en las vigas. Para ello, se compara el valor máximo de deformación en los vigas con los límites impuestos por la norma.

El valor máximo de la deformada en dinteles que corresponde con la combinación IV vale: $u_z = 12,337$ mm.

La comprobación que se debe hacer es: $\delta < L/300$, siendo L la luz del pórtico. Por lo tanto:

$12,337 \text{ mm} < 15000/300 \text{ mm}$; $12,337 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$ --> Sí se cumple la comprobación a deformación en dinteles.

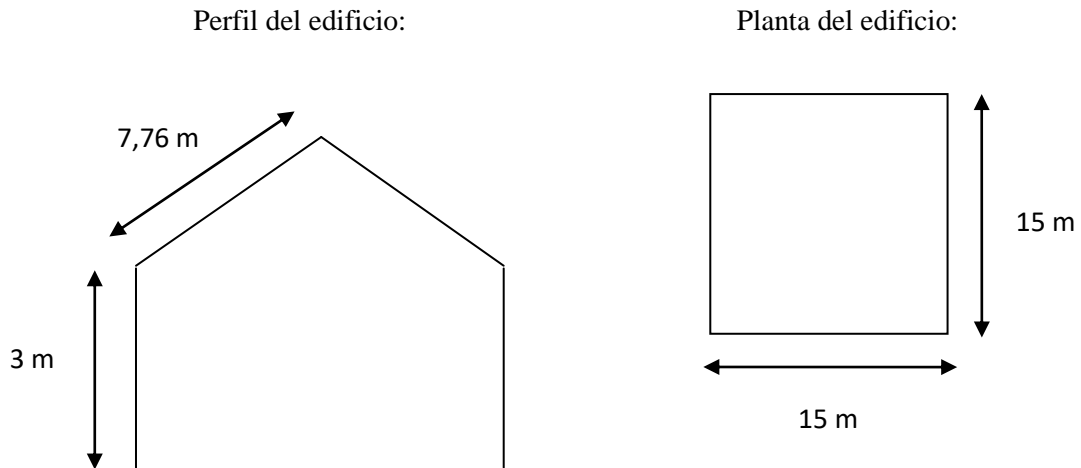
7. RESUMEN DE LOS PERFILES ELEGIDOS

Perfiles elegidos para las correas: IPE 120 S275 JR. Peso: 12,9 kg/m

Perfiles elegidos para los pilares: IPE 330 S275 JR. Peso: 49,1 kg/m

Perfiles elegidos para los dinteles: IPE 330 S275 JR. Peso: 49,1 kg/m

8. MEDICIÓN DEL ACERO TOTAL DEL EDIFICIO



Total longitud de las barras: $2 * (3 \text{ m} + 7,76 \text{ m}) = 21,52 \text{ m}$

Peso del perfil IPE 330: 49,1 kg/m

Peso del perfil IPE 140: 12,9 kg/m

Superficie del edificio: $15 \text{ m} * 15 \text{ m} = 225 \text{ m}^2$

Peso total del acero de los pórticos:

Número de pórticos * longitud de las barras * peso pórtico:

$4 \text{ pórticos} * 21,52 \text{ metros} / \text{pórtico} * 49,1 \text{ kg} / \text{metro} = 4226,53 \text{ kg}$

Peso total del acero de las correas:

Número de correas * longitud de cada correa * peso correa:

$14 \text{ correas} * 15 \text{ metros} / \text{pórtico} * 12,9 \text{ Kg} / \text{metro} = 2709 \text{ Kg}$

Peso total de todo el acero:

Peso total del acero de los pórticos + Peso total del acero de las correas:

$4226,53 \text{ kg} + 2709 \text{ Kg} = 6935,53 \text{ kg}$

Peso por unidad de superficie:

Peso total del acero / superficie del edificio:

$6935,53 \text{ kg} / 225 \text{ m}^2 = 30,82 \text{ kg} / \text{m}^2$

9. CIMENTACIÓN

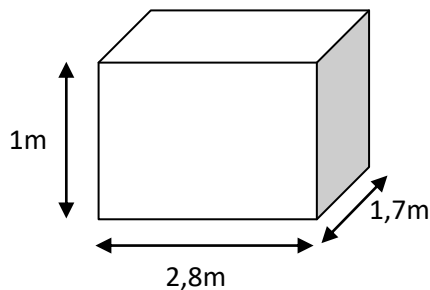
La cimentación que se utilizará en el edificio de usos múltiples consistirá en zapatas superficiales (profundizan menos de 3 metros aproximadamente) de hormigón armado. Serán rectangulares y la base del pilar estará en el centro de la zapata.

Las comprobaciones geotécnicas que es necesario realizar para comprobar la estabilidad de la zapatas y así determinar sus dimensiones son:

- Comprobación de hundimiento o de resistencia del terreno.
- Comprobación de vuelco.
- Comprobación de deslizamiento.
- Comprobación de armadura.
- Comprobación de anclaje.

Las tres primeras se realizan con las cargas sin mayorar. La comprobación de armadura se hace con los esfuerzos mayorados. Una vez realizadas las comprobaciones y establecidas las dimensiones de las zapatas se calculan las longitudes del anclaje de la armadura.

Las medidas que se utilizarán en este caso son: $a = 2,8\text{m}$; $b = 1,7\text{m}$; $h = 1\text{m}$



El peso es otro parámetro que influye en la estabilidad de la zapata. Se determina a través de las dimensiones de la pieza y de la densidad del hormigón, $\rho_h = 25 \text{ kN/m}^3$.

$$P = \rho_h * v = 25 \text{ kN/m}^3 * (2,8\text{m} * 1,7\text{m} * 1\text{m}) = 119 \text{ kN} = 11.900 \text{ kg}$$

En cuanto al armado de hormigón, se realizará con acero B400S y el hormigón será HA-25. También se va a utilizar hormigón de limpieza H-200/P/40 (10 cm).

Se deben considerar dos tipos de armadura, la principal o longitudinal y la secundaria o transversal.

9.1. Comprobaciones geotécnicas de la cimentación

9.1.1. Hundimiento

Los valores más desfavorables para la comprobación de hundimiento corresponden a las combinación de acciones III y son:

N	M
41,644 kN	65,193 kN·m

Para realizar la comprobación a hundimiento previamente hay que determinar la excentricidad, e, que nos da el grado de desviación de la fuerza resultante con respecto al centro de la zapata.

$$e = \frac{M + V \cdot h}{N + P} = \frac{65,193 \text{ kN} \cdot \text{m} + 43,517 \text{ kN} + 1 \text{ m}}{41,644 \text{ kN} + 119 \text{ kN}} = 0,67 \text{ m}$$

*El cálculo de la excentricidad se hace con el valor del cortante mayor. En este caso también de la combinación de acciones III.

La situación de la fuerza resultante en este caso será:

$$a/6 = 0,34\text{m}; e = 0,67\text{m};$$

$e > a/3$, por lo que el cálculo de la tensión máxima se realizará de la siguiente manera:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{2 \cdot (N + P)}{3 \cdot \left(\frac{a}{2} - e\right) \cdot b} = \frac{2 \cdot (41,644 \text{ kN} + 119 \text{ kN})}{3 \cdot \left(\frac{2,8 \text{ m}}{2} - 0,67 \text{ m}\right) \cdot 1,7 \text{ m}} = \frac{321,29 \text{ kN}}{3,72 \text{ m}^2} = 86,37 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Como se vio en el anejo de localización, la tensión máxima admisible del terreno donde se asienta el edificio es de 2kp/cm^2 , que es lo mismo que $0,2 \text{ N/mm}^2$. Haciendo la comparativa de ambas tensiones:

$$0,2 \text{ N/mm}^2 < 0,08 \text{ N/mm}^2;$$

$\sigma_{\text{máx}} < \sigma_{\text{máx,adm}} \text{ ---> Sí se cumple la comprobación a hundimiento}$

9.1.2. Vuelco

La situación más desfavorable es la combinación III, por lo que los esfuerzos serán el cortante y el momento mayores y el axil mínimo. El axil y el momento van multiplicados por 2, lo cual hace a esta combinación de acciones la más desfavorable. Por lo tanto los valores serán:

N	V	M
40,518 kN	43,517 kN	65,193 kN·m

La condición que se debe cumplir en este caso es:

$$2 * M_{\text{desestab}} \leq M_{\text{estab}}$$

Los momentos desestabilizantes son los que favorecen el vuelco y son el momento y el cortante: $M + V * h$.

Los momentos estabilizantes son los que impiden el vuelco y son el peso y el axil:

$$(N + P) * a / 2.$$

Por lo tanto:

$$2 * (65,193 \text{ kN} \cdot \text{m} + 43,517 \text{ kN} * 1 \text{ m}) \leq (40,518 \text{ kN} + 119 \text{ kN}) * 2,8 \text{ m} / 2$$

$$217,42 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq 230,64 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Sí se cumple la comprobación a vuelco}$$

9.1.3. Deslizamiento

En el caso del deslizamiento, la situación más desfavorable se da con el axil mínimo y el cortante máximo. El cortante va multiplicado por 1,5, lo cual favorece aún más que se produzca el deslizamiento. Se seguirán tomando los valores de la combinación III para realizar la comprobación.

N	V	M
40,518 kN	43,517 kN	65,193 kN·m

La condición que se debe cumplir en este caso es:

$$1,5 * F_{\text{desestab}} \leq F_{\text{estab}}$$

Las fuerzas desestabilizantes son los que favorecen el deslizamiento y en este caso es el cortante: V .

Las fuerzas estabilizantes son los que impiden el vuelco y para el deslizamiento es la fuerza de rozamiento, F_R , que depende del axil, del peso y de las características del terreno:

$$(N + P) * \text{tg}(\phi * 2/3) + (C * 0,5) * (b * a)$$

- ϕ : ángulo de rozamiento interno. Es el ángulo que se forma cuando se apila el material del que está constituido el terreno. Su valor se vio en el Anejo de localización y vale 20° .

- C : es la cohesión que caracteriza a cada tipo de suelo. Para suelos pegajosos, como las arcillas, como es este caso, se suele tener en cuenta ya que se considera una propiedad

estabilizante que dificulta el deslizamiento. Va a depender de la superficie de contacto de la zapata con el suelo y, por lo tanto, de los valores de a y de b. Es una propiedad del suelo determinada en laboratorio, pero se ha extraído de la bibliografía el dato de $0,2 \text{ kg/cm}^2$.

$$1,5 * (43,517 \text{ kN}) \leq (40,518 \text{ kN} + 119 \text{ kN}) * \text{tg} (20 * 2/3) + (20 \text{ kN/m}^2 * 0,5) * (2,8 \text{ m} * 1,7 \text{ m})$$

$$65,27 \text{ kN} \leq 85,4 \text{ kN} \rightarrow \text{Sí se cumple la comprobación a deslizamiento}$$

9.1.4. Armadura

Para el cálculo del armado de la zapata, la situación más desfavorable es cuando actúan el axil y el momento mayores. El peso propio de la zapata no interviene. Para su determinación, se deben tomar los valores de las cargas mayoradas. La situación más desfavorable es la IV y los valores de los esfuerzos son los siguientes:

Nd	Md
64,309 kN	140,410 kN·m

La normativa impone varias limitaciones a la hora de armar la zapata. En todas ellas se calcula A_s , que es el área transversal. Depende del número total de barras y del diámetro de las mismas. Además las barras deben estar separadas ciertas distancias unas de otras.

Tensión de tracción

La debe cumplir solamente la armadura principal.

En primer lugar hay que determinar si las zapatas proyectadas son rígidas o flexibles:

$$\text{Zapatas rígidas: } h \leq \frac{\text{vuelo}}{2}$$

$$\text{Zapatas flexibles: } h > \frac{\text{vuelo}}{2}$$

El vuelo de la zapata es: $2,8 \text{ m} / 2 = 1,4$. Por lo tanto:

$$\text{vuelo} / 2 = 1,4 \text{ m} / 2 = 0,7 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$1 \geq 0,7$; Se trata de una zapata rígida.

El método de cálculo utilizado para zapatas rígidas es el modelo de bielas y tirantes.

- Modelo de bielas y tirantes:

Supone que dentro de la zapata hay una celosía con una serie de nudos y barras. Las barras no existen, excepto una, el armado. Esa barra está traccionada. Esa tensión que tienen que ser capaz de soportar la zapata es la tensión de tracción, T_d .

$$Td = \frac{R_{1d}}{0,85 * d} * (X_1 - 0,25 * a)$$

donde:

d: es la distancia entre la cara interior de la zapata y la armadura. Se deja para que la armadura no entre en contacto con el suelo. Su valor depende de la zona en la que se encuentra la zapata (piscina, montaña, mar...). En este caso, toma el valor de $0,95 * h$, por lo que:
 $d = 0,95 * 1 \text{ m} = 0,95 \text{ m}$.

El término R_{1d} se calcula de la siguiente forma:

$$R_{1d} = \frac{N_d}{2} * \left(1 + 3 * \frac{e'}{a} \right)$$

donde:

e' : es a excentricidad que se calcula mediante la relación: M_d / N_d .

$$e' = \frac{M_d}{N_d} = \frac{140,410 \text{ kN} \cdot \text{m}}{64,309 \text{ kN}} = 2,18 \text{ m}$$

$$R_{1d} = \frac{64,309 \text{ kN}}{2} * \left(1 + 3 * \frac{2,18 \text{ m}}{2,8 \text{ m}} \right) = 107,26 \text{ kN}$$

El término X_1 se calcula de la siguiente forma:

$$X_1 = a * \left(\frac{1 + 4 * \frac{e'}{a}}{4 + 12 * \frac{e'}{a}} \right)$$

$$X_1 = 2,8 \text{ m} * \left(\frac{1 + 4 * \frac{2,18 \text{ m}}{2,8 \text{ m}}}{4 + 12 * \frac{2,18 \text{ m}}{2,8 \text{ m}}} \right) = 0,86 \text{ m}$$

Con esto, se calcula T_d :

$$Td = \frac{107,26 \text{ kN}}{0,85 * 0,95 \text{ m}} * (0,86 \text{ m} - 0,25 * 2,8 \text{ m}) = 21252,28 \text{ N}$$

Una vez calculados estos términos, ya se puede calcular la primera limitación que se debe tener en cuenta para armar la zapata es:

$$Td (\text{N}) \leq A_s (\text{mm}^2) * f_{yd} (\text{N/mm}^2)$$

donde:

$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s}$: es el límite elástico, aplicándole un coeficiente de seguridad. Depende del tipo de acero que se utilice para armar el hormigón. En este caso se utilizará un acero B400S, por lo que f_y vale 400. El coeficiente de seguridad, γ_s , tienen el valor 1,15 según la EHE-08.

$$21252,28 \text{ N} \leq A_s (\text{mm}^2) * 400/1,15 \text{ N/mm}^2$$

$$61,1 \text{ mm}^2 \leq A_s$$

Además de esta limitación, la norma impone unas condiciones mínimas de acero:

Cuantía geométrica mínima

Se debe tener en cuenta a la hora de dimensionar la armadura principal y la secundaria.

$$\text{Armadura principal: } A_s \geq \frac{1}{1000} * (h * b)$$

$$\text{Armadura secundaria: } A_s \geq \frac{1}{1000} * (h * a)$$

donde:

1/1000: representa el área de las barras con respecto al área del hormigón de la zapata. En el caso del acero B400S toma el valor de 1/1000.

$$\text{Armadura principal: } A_s \geq \frac{1}{1000} * (1000 \text{ mm} * 1700 \text{ mm}); A_s \geq 1700 \text{ mm}^2$$

$$\text{Armadura secundaria: } A_s \geq \frac{1}{1000} * (1000 \text{ mm} * 2800 \text{ mm}); A_s \geq 2800 \text{ mm}^2$$

Cuantía mecánica mínima

Se debe tener en cuenta a la hora de dimensionar la armadura principal.

$$A_s * f_{yd} \geq \frac{4}{100} * A_c * f_{cd}$$

donde:

A_c : es el área del hormigón, es decir, $b * h$. Por lo tanto su valor es: $1700 \text{ mm} * 1000 \text{ mm} = 1700000 \text{ mm}^2$.

f_{cd} : es la resistencia de cálculo del hormigón. Depende del tipo de hormigón utilizado. En este caso es HA-25. Su valor se minora con un coeficiente de seguridad, γ_c , que vale 1,5.

$$f_{cd} = \frac{25 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 16,67 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s * 347,83 \text{ N/mm}^2 \geq \frac{4}{100} * 1700000 \text{ mm}^2 * 16,67 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s \geq 3258,95 \text{ mm}^2$$

Ahora hay que seleccionar la comprobación más restrictiva para la armadura principal y la secundaria

Armadura principal:

$$\text{Tracción: } A_s \geq 61,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cuantía geométrica mínima: } A_s \geq 1700 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cuantía mecánica mínima: } A_s \geq 3258,95 \text{ mm}^2$$

Armadura secundaria:

$$\text{Cuantía geométrica mínima: } A_s \geq 2800 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, la armadura principal se dimensionará con el valor de:

$$U = A_s * f_{yd} = 3258,95 \text{ mm}^2 * 347,82 \text{ N / mm}^2 = 1133528 \text{ N} = 1133,53 \text{ kN}$$

Y para la armadura secundaria:

$$U = A_s * f_{yd} = 2800 \text{ mm}^2 * 347,82 \text{ N / mm}^2 = 973896 \text{ N} = 973,9 \text{ kN}$$

Buscando los resultados en la tabla de capacidades mecánicas y dejando una separación recomendada entre las barras de acero de 10 - 30 cm se obtienen los siguientes valores:

Armadura principal: 7Ø25 (7 barras de 25 mm de diámetro, separadas 21 cm)

Armadura secundaria: 9Ø20 (9 barras de 20 mm de diámetro, separadas 28 cm)

9.1.5. Anclaje

El anclaje se debe calcular para la armadura principal y la secundaria.

Para las zapatas rígidas la condición que se establece es la siguiente:

$$l \text{ (cm)} \geq m_1 * \phi^2 \text{ (cm)}$$

donde:

m_1 : depende del acero y del hormigón. Para un acero B400 S y un hormigón HA-25, toma el valor de 12

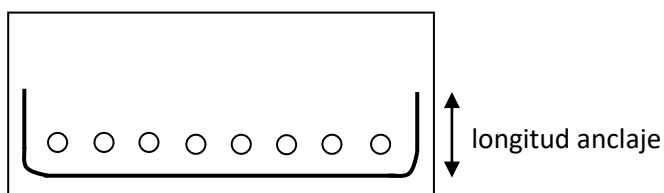
Armadura principal:

$$l \text{ (cm)} \geq 12 * 2,5^2 \text{ (cm)}$$
$$l = 75 \text{ cm}$$

Armadura secundaria:

$$l \text{ (cm)} \geq 12 * 2^2 \text{ (cm)}$$
$$l = 48 \text{ cm}$$

Estos serán los valores de las longitudes de anclaje para las armaduras. Son menores que la altura de la zapata, 1 metro, por lo que se consideran válidos. La armadura se curvará en los extremos como muestra la figura.



10. MEDICIÓN DEL ACERO Y DEL HORMIGÓN DE LA CIMENTACIÓN

Volumen total hormigón:

Volumen zapata * número de zapatas :

$$2,8 * 1,7 * 1 = 4,76 \text{ m}^3 * 8 \text{ zapatas} = 38,08 \text{ m}^3$$

Peso acero zapatas:

Peso acero armadura principal + Peso acero armadura secundaria:

Peso acero armadura principal: $(3,85 \text{ kg/m} * 3,75 \text{ metros}) * 7 \text{ barras} * 8 \text{ zapatas} = 808,5 \text{ kg}$

Peso acero armadura secundaria: $(2,47 \text{ kg/m} * 2,20 \text{ metros}) * 9 \text{ barras} * 8 \text{ zapatas} = 391,248 \text{ kg}$

Peso acero total: $808,5 \text{ kg} + 391,248 \text{ kg} = 1199,748 \text{ kg}$

11. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PRONTUARIO

RESULTADOS DE LAS COMBINACIONES DE ACCIONES CON LAS CARGAS MAYORADAS

1 Análisis - PorticoADosAguas

1.1 Geometría

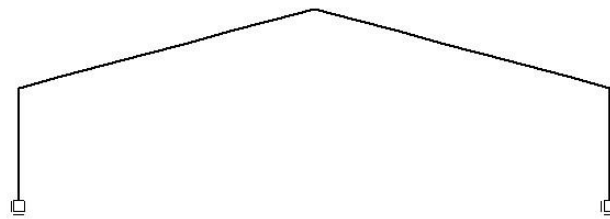


Figura 1.1.1- Detalle estructura

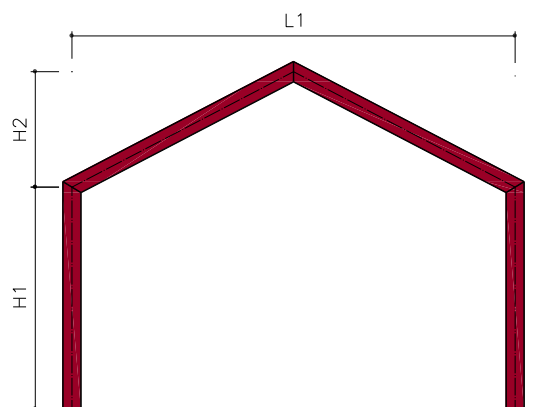


Figura 1.1.2- Esquema estructura

Variable	Valor
L1	15

H1	3
H2	2

COMBINACIÓN I

1.2 Apoyos/Secciones

1.2.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	3,000	PilarTipo	50408,24
2	7,500	2,000	DintelTipo	16741,07
3	7,500	-2,000	DintelTipo	16741,07
4	0,000	-3,000	PilarTipo	50408,24

1.2.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	15,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

1.3 Cargas

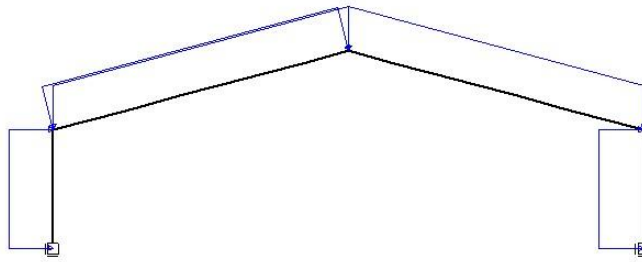


Figura 1.3.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [°]	L [m]	Global
1	1	0	q	2,07	2,07	90	3	L
2	2	0	q	2,02	2,02	-90	7,76	G
3	2	0	q	4,87	4,87	-90	7,76	G
4	2	0	q	0,54	0,54	90	7,76	L
5	3	0	q	2,02	2,02	-90	7,76	G
6	3	0	q	4,87	4,87	-90	7,76	G
7	4	0	q	1,12	1,12	-90	3	L

1.4 Esfuerzos

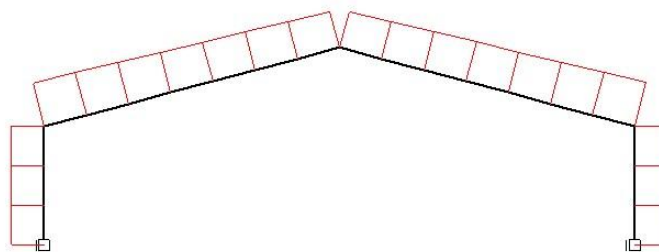


Figura 1.4.1- Esfuerzos axiales

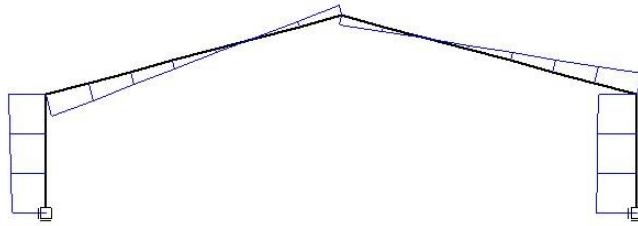


Figura 1.4.2- Esfuerzos cortante

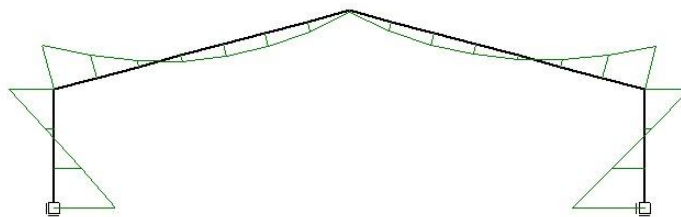


Figura 1.4.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-56,516	57,454	104,325
1	1,00	0,000	1,000	-56,516	59,524	45,836
1	1,00	0,000	1,000	-56,516	59,524	45,836
1	2,00	0,000	2,000	-56,516	61,594	-14,723
1	2,00	0,000	2,000	-56,516	61,594	-14,723
1	3,00	0,000	3,000	-56,516	63,664	-77,353
1	3,00	0,000	3,000	-76,090	-38,177	-77,353
2	1,11	1,071	3,286	-74,119	-30,199	-39,454
2	1,11	1,071	3,286	-74,086	-30,281	-39,454
2	2,22	2,143	3,571	-72,114	-22,298	-10,292

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)*Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples*

2	2,22	2,143	3,571	-72,139	-22,219	-10,292
2	3,33	3,214	3,857	-70,168	-14,241	9,916
2	3,33	3,214	3,857	-70,165	-14,257	9,916
2	4,44	4,286	4,143	-68,193	-6,272	21,305
2	4,44	4,286	4,143	-68,194	-6,257	21,305
2	5,54	5,357	4,429	-66,224	1,721	23,818
2	5,54	5,357	4,429	-66,225	1,648	23,818
2	6,65	6,429	4,714	-64,254	9,631	17,563
2	6,65	6,429	4,714	-64,243	9,702	17,563
2	7,76	7,500	5,000	-62,276	17,665	2,386
2	7,76	7,500	5,000	-62,792	-15,734	2,386
3	1,11	8,571	4,714	-64,762	-8,354	15,737
3	1,11	8,571	4,714	-64,772	-8,283	15,737
3	2,22	9,643	4,429	-66,743	-0,899	20,830
3	2,22	9,643	4,429	-66,742	-0,973	20,830
3	3,33	10,714	4,143	-68,713	6,407	17,818
3	3,33	10,714	4,143	-68,711	6,423	17,818
3	4,44	11,786	3,857	-70,684	13,808	6,595
3	4,44	11,786	3,857	-70,687	13,792	6,595
3	5,54	12,857	3,571	-72,657	21,171	-12,784
3	5,54	12,857	3,571	-72,634	21,251	-12,784
3	6,65	13,929	3,286	-74,606	28,635	-40,452
3	6,65	13,929	3,286	-74,637	28,553	-40,452
3	7,76	15,000	3,000	-76,604	35,918	-76,193
3	7,76	15,000	3,000	-54,466	-64,744	-76,193
4	1,00	15,000	2,000	-54,466	-65,864	-10,889
4	1,00	15,000	2,000	-54,466	-65,864	-10,889
4	2,00	15,000	1,000	-54,466	-66,984	55,535

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

4	2,00	15,000	1,000	-54,466	-66,984	55,535
4	3,00	15,000	0,000	-54,466	-68,104	123,079

1.5 Reacciones

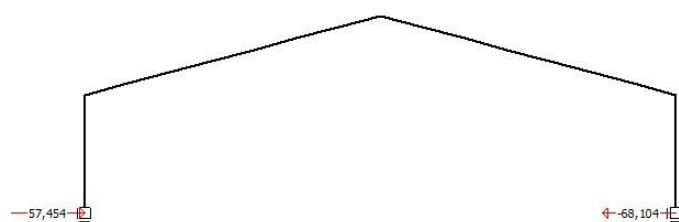


Figura 1.5.1- Reacciones horizontales

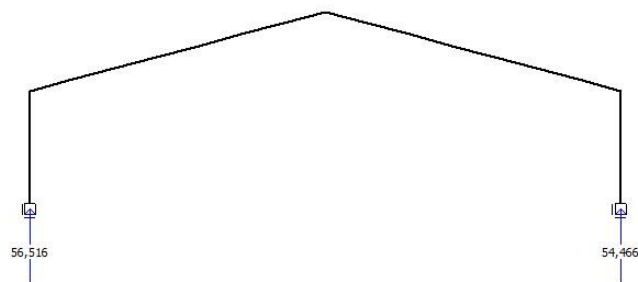


Figura 1.5.2- Reacciones verticales

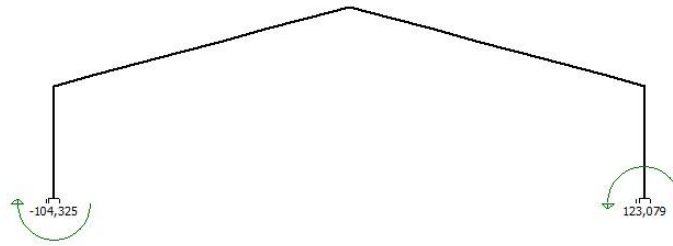


Figura 1.5.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	57,454	56,516	-104,325
2	15,00	0,000	-68,104	54,466	123,079

1.6 Desplazamientos

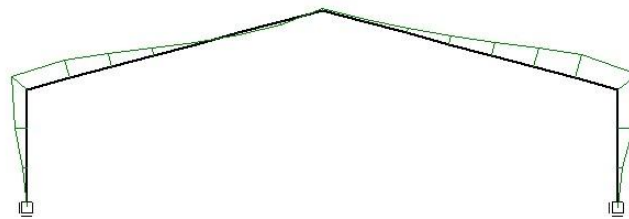


Figura 1.6.1- Desplazamientos horizontales

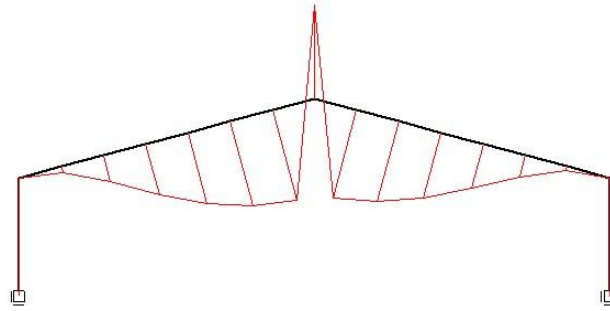


Figura 1.6.2- Desplazamientos verticales

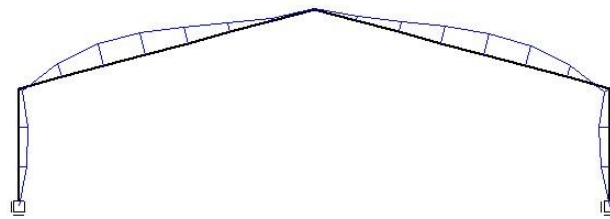


Figura 1.6.3- Giros

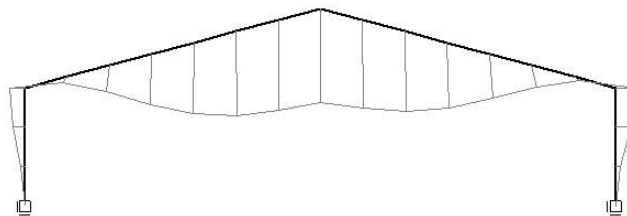


Figura 1.6.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,00	0,000	1,000	-0,843	-0,019	1,493
1	2,00	0,000	2,000	-2,592	-0,038	1,805
1	3,00	0,000	3,000	-4,046	-0,057	0,895
2	1,11	1,071	3,286	-3,768	-1,386	-2,923

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

2	2,22	2,143	3,571	-2,732	-5,569	-4,523
2	3,33	3,214	3,857	-1,481	-10,531	-4,486
2	4,44	4,286	4,143	-0,402	-14,845	-3,403
2	5,54	5,357	4,429	0,290	-17,695	-1,860
2	6,65	6,429	4,714	0,545	-18,908	-0,440
2	7,76	7,500	5,000	0,485	-18,926	0,269
3	1,11	8,571	4,714	0,568	-18,354	0,914
3	2,22	9,643	4,429	0,932	-16,712	2,171
3	3,33	10,714	4,143	1,678	-13,642	3,496
3	4,44	11,786	3,857	2,746	-9,351	4,350
3	5,54	12,857	3,571	3,925	-4,644	4,190
3	6,65	13,929	3,286	4,842	-0,890	2,472
3	7,76	15,000	3,000	4,983	-0,055	-1,345
4	1,00	15,000	2,000	3,097	-0,036	-2,211
4	2,00	15,000	1,000	0,997	-0,018	-1,770
4	3,00	15,000	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN II

1.7 Apoyos/Secciones

1.7.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	3,000	PilarTipo	50408,24
2	7,500	2,000	DintelTipo	16741,07
3	7,500	-2,000	DintelTipo	16741,07
4	0,000	-3,000	PilarTipo	50408,24

1.7.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	15,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

1.8 Cargas

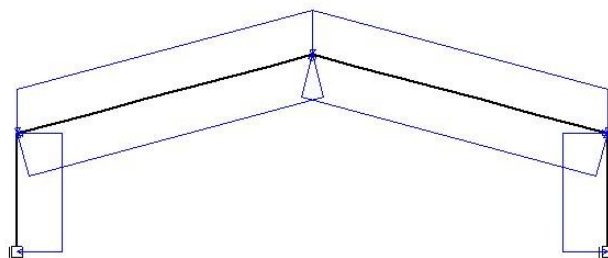


Figura 1.8.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	2,02	2,02	-90	3	L
2	2	0	q	2,02	2,02	-90	7,76	G
3	2	0	q	4,87	4,87	-90	7,76	G
4	2	0	q	1,66	1,66	-90	7,76	L
5	3	0	q	2,02	2,02	-90	7,76	G
6	3	0	q	4,87	4,87	-90	7,76	G
7	3	0	q	1,66	1,66	-90	7,76	L
8	4	0	q	2,02	2,02	-90	3	L

1.9 Esfuerzos

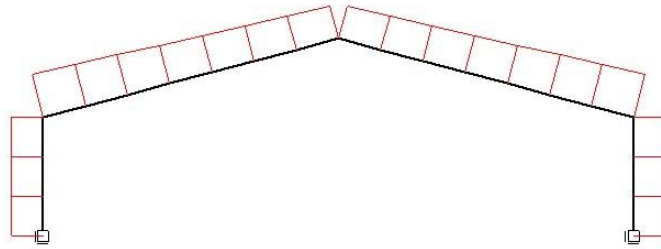


Figura 1.9.1- Esfuerzos axiales

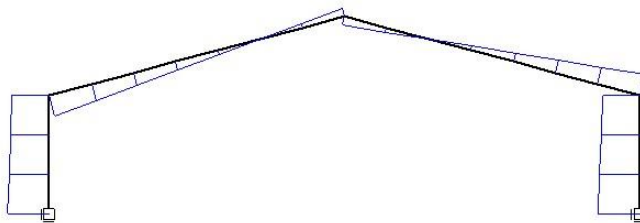


Figura 1.9.2- Esfuerzos cortante

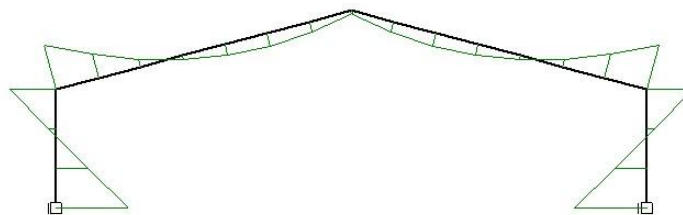


Figura 1.9.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-41,025	53,215	92,077

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

1	1,00	0,000	1,000	-41,025	51,195	39,872
1	1,00	0,000	1,000	-41,025	51,195	39,872
1	2,00	0,000	2,000	-41,025	49,175	-10,313
1	2,00	0,000	2,000	-41,025	49,175	-10,313
1	3,00	0,000	3,000	-41,025	47,155	-58,478
1	3,00	0,000	3,000	-56,143	-27,471	-58,478
2	1,11	1,071	3,286	-54,173	-21,932	-31,096
2	1,11	1,071	3,286	-54,148	-21,991	-31,096
2	2,22	2,143	3,571	-52,177	-16,449	-9,776
2	2,22	2,143	3,571	-52,195	-16,391	-9,776
2	3,33	3,214	3,857	-50,224	-10,852	5,324
2	3,33	3,214	3,857	-50,222	-10,864	5,324
2	4,44	4,286	4,143	-48,249	-5,320	14,301
2	4,44	4,286	4,143	-48,251	-5,309	14,301
2	5,54	5,357	4,429	-46,280	0,230	17,116
2	5,54	5,357	4,429	-46,280	0,179	17,116
2	6,65	6,429	4,714	-44,308	5,722	13,843
2	6,65	6,429	4,714	-44,302	5,771	13,843
2	7,76	7,500	5,000	-42,335	11,299	4,376
2	7,76	7,500	5,000	-42,332	-11,310	4,376
3	1,11	8,571	4,714	-44,303	-5,771	13,844
3	1,11	8,571	4,714	-44,309	-5,722	13,844
3	2,22	9,643	4,429	-46,281	-0,180	17,118
3	2,22	9,643	4,429	-46,281	-0,231	17,118
3	3,33	10,714	4,143	-48,251	5,308	14,303
3	3,33	10,714	4,143	-48,250	5,319	14,303
3	4,44	11,786	3,857	-50,222	10,863	5,326
3	4,44	11,786	3,857	-50,225	10,852	5,326

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

3	5,54	12,857	3,571	-52,195	16,391	-9,773
3	5,54	12,857	3,571	-52,177	16,448	-9,773
3	6,65	13,929	3,286	-54,149	21,991	-31,092
3	6,65	13,929	3,286	-54,173	21,931	-31,092
3	7,76	15,000	3,000	-56,140	27,460	-58,473
3	7,76	15,000	3,000	-41,014	-47,155	-58,473
4	1,00	15,000	2,000	-41,014	-49,175	-10,308
4	1,00	15,000	2,000	-41,014	-49,175	-10,308
4	2,00	15,000	1,000	-41,014	-51,195	39,877
4	2,00	15,000	1,000	-41,014	-51,195	39,877
4	3,00	15,000	0,000	-41,014	-53,215	92,082

1.10 Reacciones

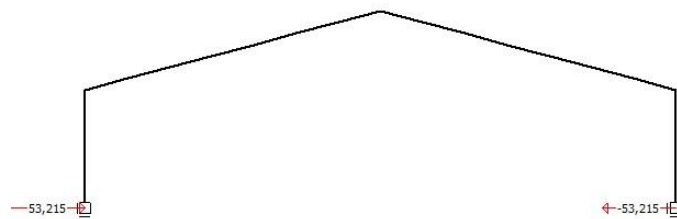


Figura 1.10.1- Reacciones horizontales

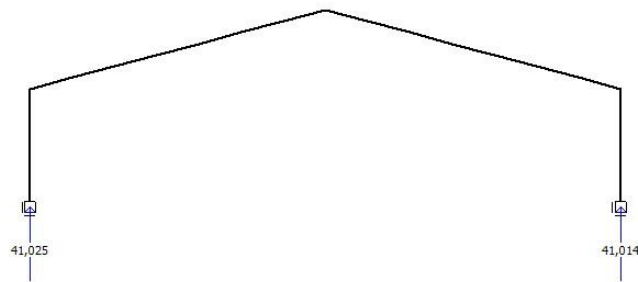


Figura 1.10.2- Reacciones verticales

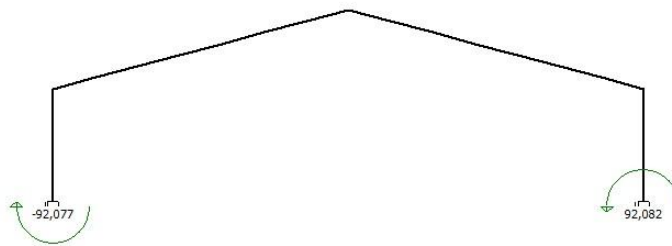


Figura 1.10.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	53,215	41,025	-92,077
2	15,00	0,000	-53,215	41,014	92,082

1.11 Desplazamientos

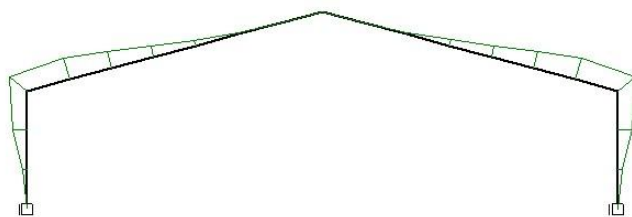


Figura 1.11.1- Desplazamientos horizontales

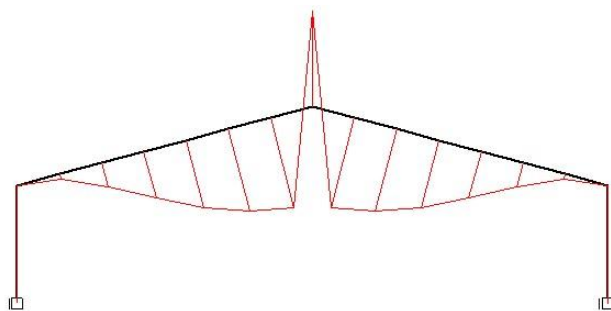


Figura 1.11.2- Desplazamientos verticales

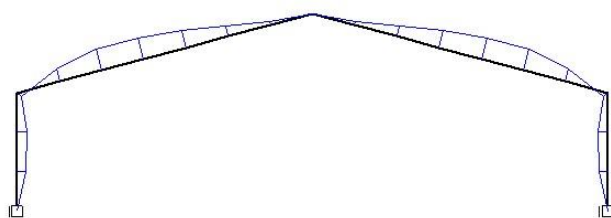


Figura 1.11.3- Giros

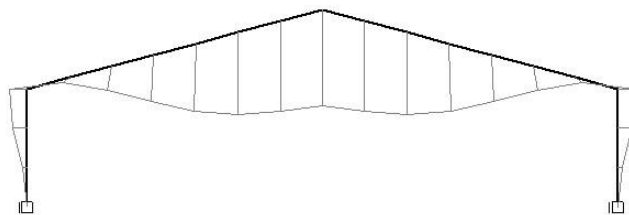


Figura 1.11.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,00	0,000	1,000	-0,739	-0,014	1,305
1	2,00	0,000	2,000	-2,272	-0,027	1,595
1	3,00	0,000	3,000	-3,605	-0,041	0,910
2	1,11	1,071	3,286	-3,455	-0,813	-2,022
2	2,22	2,143	3,571	-2,708	-3,828	-3,342
2	3,33	3,214	3,857	-1,761	-7,570	-3,456
2	4,44	4,286	4,143	-0,903	-10,974	-2,771
2	5,54	5,357	4,429	-0,305	-13,396	-1,697
2	6,65	6,429	4,714	-0,020	-14,639	-0,638
2	7,76	7,500	5,000	0,015	-14,936	-0,001
3	1,11	8,571	4,714	0,046	-14,640	0,636
3	2,22	9,643	4,429	0,326	-13,396	1,696
3	3,33	10,714	4,143	0,920	-10,975	2,770
3	4,44	11,786	3,857	1,774	-7,571	3,455
3	5,54	12,857	3,571	2,717	-3,829	3,341
3	6,65	13,929	3,286	3,460	-0,813	2,022
3	7,76	15,000	3,000	3,605	-0,041	-0,910
4	1,00	15,000	2,000	2,273	-0,027	-1,596

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

4	2,00	15,000	1,000	0,739	-0,014	-1,306
4	3,00	15,000	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN III

1.12 Apoyos/Secciones

1.12.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	3,000	PilarTipo	50408,24
2	7,500	2,000	DintelTipo	16741,07
3	7,500	-2,000	DintelTipo	16741,07
4	0,000	-3,000	PilarTipo	50408,24

1.12.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	15,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

1.13 Cargas

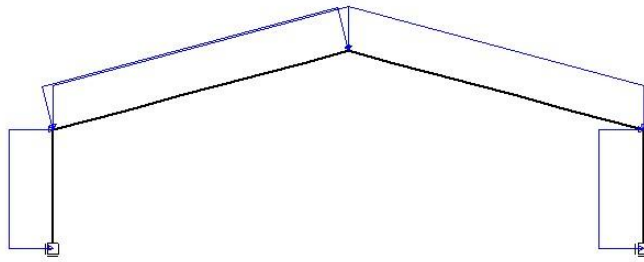


Figura 1.13.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [°]	L [m]	Global
1	1	0 q		2,07	2,07	90	3 L	
2	2	0 q		2,02	2,02	-90	7,76 G	
3	2	0 q		2,44	2,44	-90	7,76 G	
4	2	0 q		3	3	-90	7,76 G	
5	2	0 q		0,54	0,54	90	7,76 L	
6	3	0 q		2,02	2,02	-90	7,76 G	
7	3	0 q		2,44	2,44	-90	7,76 G	
8	3	0 q		3	3	-90	7,76 G	
9	4	0 q		1,12	1,12	-90	3 L	

1.14 Esfuerzos

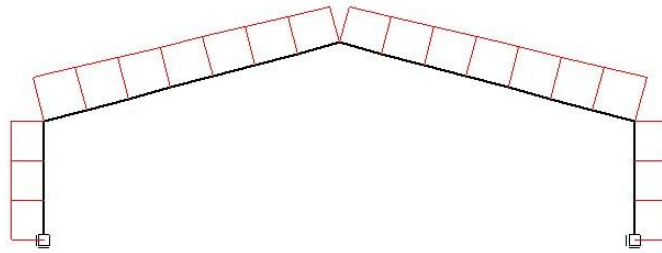


Figura 1.14.1- Esfuerzos axiales

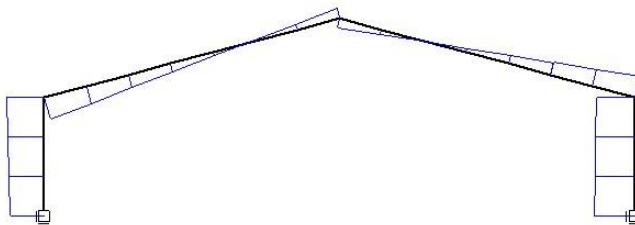


Figura 1.14.2- Esfuerzos cortante

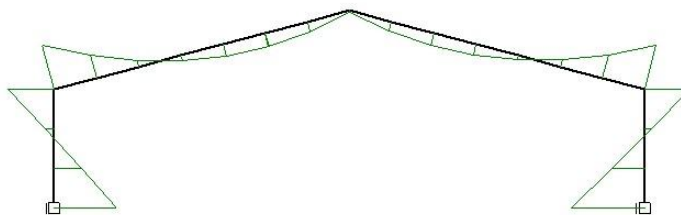


Figura 1.14.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-60,940	62,563	113,507

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)*Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples*

1	1,00	0,000	1,000	-60,940	64,633	49,909
1	1,00	0,000	1,000	-60,940	64,633	49,909
1	2,00	0,000	2,000	-60,940	66,703	-15,760
1	2,00	0,000	2,000	-60,940	66,703	-15,760
1	3,00	0,000	3,000	-60,940	68,773	-83,498
1	3,00	0,000	3,000	-82,167	-41,133	-83,498
2	1,11	1,071	3,286	-80,034	-32,545	-42,661
2	1,11	1,071	3,286	-79,998	-32,633	-42,661
2	2,22	2,143	3,571	-77,863	-24,039	-11,229
2	2,22	2,143	3,571	-77,889	-23,953	-11,229
2	3,33	3,214	3,857	-75,756	-15,365	10,564
2	3,33	3,214	3,857	-75,752	-15,383	10,564
2	4,44	4,286	4,143	-73,617	-6,787	22,862
2	4,44	4,286	4,143	-73,618	-6,770	22,862
2	5,54	5,357	4,429	-71,485	1,818	25,607
2	5,54	5,357	4,429	-71,487	1,739	25,607
2	6,65	6,429	4,714	-69,352	10,333	18,911
2	6,65	6,429	4,714	-69,341	10,410	18,911
2	7,76	7,500	5,000	-67,211	18,982	2,612
2	7,76	7,500	5,000	-67,726	-17,052	2,612
3	1,11	8,571	4,714	-69,860	-9,062	17,086
3	1,11	8,571	4,714	-69,870	-8,985	17,086
3	2,22	9,643	4,429	-72,005	-0,990	22,618
3	2,22	9,643	4,429	-72,004	-1,070	22,618
3	3,33	10,714	4,143	-74,137	6,920	19,376
3	3,33	10,714	4,143	-74,136	6,937	19,376
3	4,44	11,786	3,857	-76,271	14,934	7,243
3	4,44	11,786	3,857	-76,274	14,916	7,243

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

3	5,54	12,857	3,571	-78,408	22,906	-13,720
3	5,54	12,857	3,571	-78,383	22,992	-13,720
3	6,65	13,929	3,286	-80,518	30,987	-43,658
3	6,65	13,929	3,286	-80,552	30,898	-43,658
3	7,76	15,000	3,000	-82,681	38,873	-82,338
3	7,76	15,000	3,000	-58,888	-69,853	-82,338
4	1,00	15,000	2,000	-58,888	-70,973	-11,925
4	1,00	15,000	2,000	-58,888	-70,973	-11,925
4	2,00	15,000	1,000	-58,888	-72,093	59,608
4	2,00	15,000	1,000	-58,888	-72,093	59,608
4	3,00	15,000	0,000	-58,888	-73,213	132,261

1.15 Reacciones

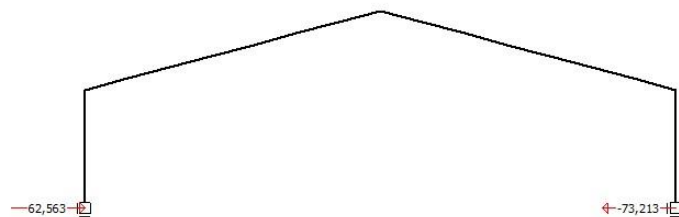


Figura 1.15.1- Reacciones horizontales

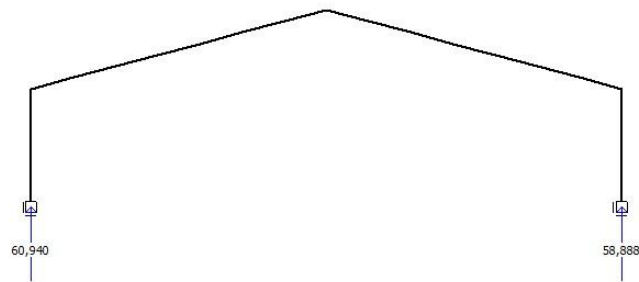


Figura 1.15.2- Reacciones verticales

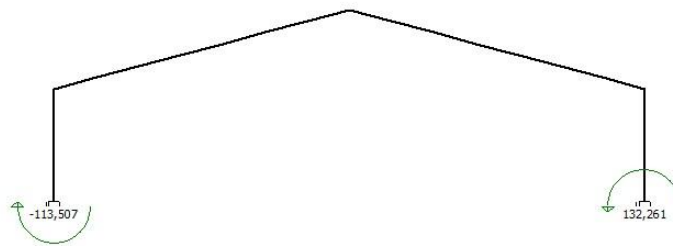


Figura 1.15.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	62,563	60,940	-113,507
2	15,00	0,000	-73,213	58,888	132,261

1.16 Desplazamientos

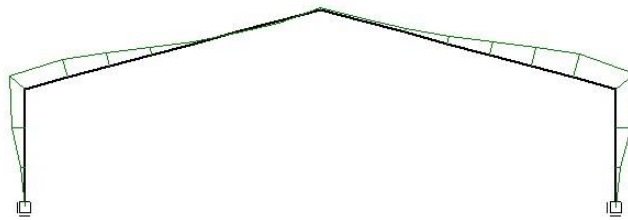


Figura 1.16.1- Desplazamientos horizontales

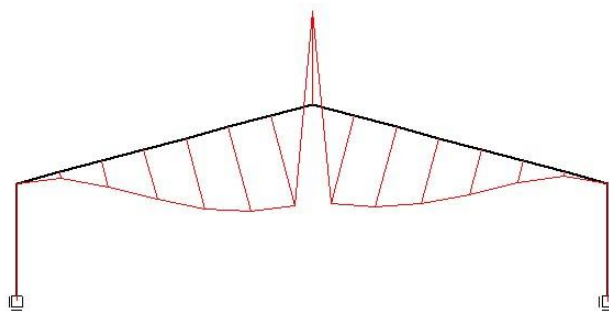


Figura 1.16.2- Desplazamientos verticales

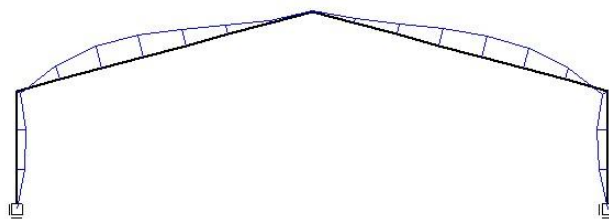


Figura 1.16.3- Giros

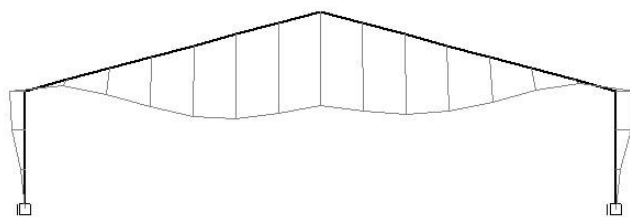


Figura 1.16.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,00	0,000	1,000	-0,917	-0,020	1,624
1	2,00	0,000	2,000	-2,821	-0,041	1,966
1	3,00	0,000	3,000	-4,409	-0,061	0,985
2	1,11	1,071	3,286	-4,115	-1,477	-3,139
2	2,22	2,143	3,571	-3,001	-5,977	-4,872
2	3,33	3,214	3,857	-1,652	-11,327	-4,841
2	4,44	4,286	4,143	-0,486	-15,986	-3,681
2	5,54	5,357	4,429	0,264	-19,076	-2,024
2	6,65	6,429	4,714	0,545	-20,405	-0,496
2	7,76	7,500	5,000	0,486	-20,448	0,269
3	1,11	8,571	4,714	0,570	-19,851	0,970
3	2,22	9,643	4,429	0,959	-18,093	2,334
3	3,33	10,714	4,143	1,763	-14,784	3,774
3	4,44	11,786	3,857	2,918	-10,147	4,705
3	5,54	12,857	3,571	4,194	-5,052	4,539
3	6,65	13,929	3,286	5,189	-0,980	2,687
3	7,76	15,000	3,000	5,346	-0,059	-1,436
4	1,00	15,000	2,000	3,326	-0,039	-2,372

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

4	2,00	15,000	1,000	1,071	-0,020	-1,901
4	3,00	15,000	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN IV

1.17 Apoyos/Secciones

1.17.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	3,000	PilarTipo	50408,24
2	7,500	2,000	DintelTipo	16741,07
3	7,500	-2,000	DintelTipo	16741,07
4	0,000	-3,000	PilarTipo	50408,24

1.17.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	15,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

1.18 Cargas

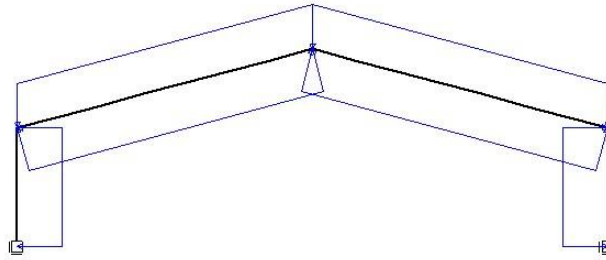


Figura 1.18.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [°]	L [m]	Global
1	1	0	q	2,02	2,02	-90	3	L
2	2	0	q	2,02	2,02	-90	7,76	G
3	2	0	q	4,87	4,87	-90	7,76	G
4	2	0	q	3	3	-90	7,76	G
5	2	0	q	1,66	1,66	-90	7,76	L
6	3	0	q	2,02	2,02	-90	7,76	G
7	3	0	q	4,87	4,87	-90	7,76	G
8	3	0	q	3	3	-90	7,76	G
9	3	0	q	1,66	1,66	-90	7,76	L
10	4	0	q	2,02	2,02	-90	3	L

1.19 Esfuerzos

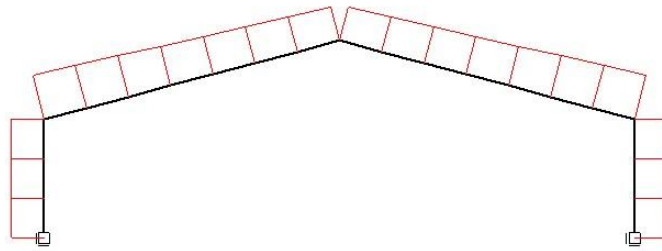


Figura 1.19.1- Esfuerzos axiales

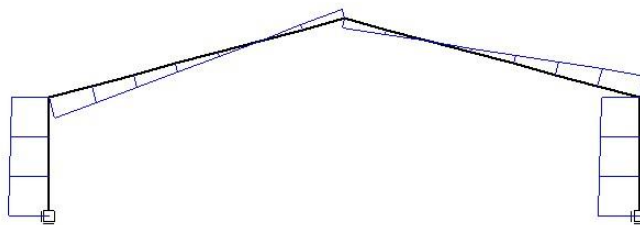


Figura 1.19.2- Esfuerzos cortante

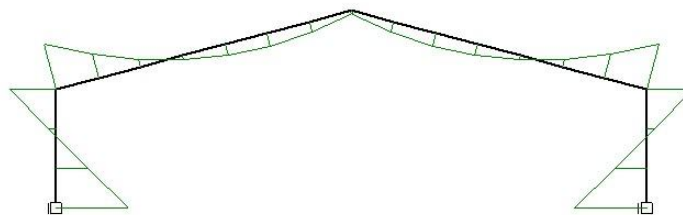


Figura 1.19.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-64,309	80,105	140,404

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

1	1,00	0,000	1,000	-64,309	78,085	61,309
1	1,00	0,000	1,000	-64,309	78,085	61,309
1	2,00	0,000	2,000	-64,309	76,065	-15,766
1	2,00	0,000	2,000	-64,309	76,065	-15,766
1	3,00	0,000	3,000	-64,309	74,045	-90,821
1	3,00	0,000	3,000	-88,130	-43,028	-90,821
2	1,11	1,071	3,286	-85,301	-34,276	-47,974
2	1,11	1,071	3,286	-85,263	-34,370	-47,974
2	2,22	2,143	3,571	-82,433	-25,612	-14,707
2	2,22	2,143	3,571	-82,461	-25,521	-14,707
2	3,33	3,214	3,857	-79,633	-16,769	8,733
2	3,33	3,214	3,857	-79,629	-16,788	8,733
2	4,44	4,286	4,143	-76,798	-8,028	22,500
2	4,44	4,286	4,143	-76,800	-8,010	22,500
2	5,54	5,357	4,429	-73,971	0,742	26,529
2	5,54	5,357	4,429	-73,972	0,660	26,529
2	6,65	6,429	4,714	-71,142	9,418	20,940
2	6,65	6,429	4,714	-71,131	9,496	20,940
2	7,76	7,500	5,000	-68,308	18,232	5,562
2	7,76	7,500	5,000	-68,303	-18,249	5,562
3	1,11	8,571	4,714	-71,132	-9,497	20,941
3	1,11	8,571	4,714	-71,142	-9,418	20,941
3	2,22	9,643	4,429	-73,973	-0,661	26,531
3	2,22	9,643	4,429	-73,972	-0,742	26,531
3	3,33	10,714	4,143	-76,800	8,010	22,503
3	3,33	10,714	4,143	-76,798	8,027	22,503
3	4,44	11,786	3,857	-79,629	16,787	8,737
3	4,44	11,786	3,857	-79,633	16,769	8,737

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

3	5,54	12,857	3,571	-82,462	25,521	-14,702
3	5,54	12,857	3,571	-82,434	25,612	-14,702
3	6,65	13,929	3,286	-85,264	34,369	-47,969
3	6,65	13,929	3,286	-85,302	34,275	-47,969
3	7,76	15,000	3,000	-88,125	43,011	-90,815
3	7,76	15,000	3,000	-64,291	-74,045	-90,815
4	1,00	15,000	2,000	-64,291	-76,065	-15,760
4	1,00	15,000	2,000	-64,291	-76,065	-15,760
4	2,00	15,000	1,000	-64,291	-78,085	61,315
4	2,00	15,000	1,000	-64,291	-78,085	61,315
4	3,00	15,000	0,000	-64,291	-80,105	140,410

1.20 Reacciones

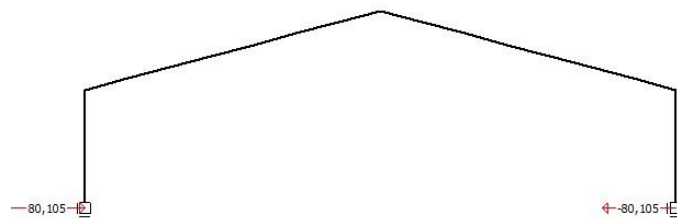


Figura 1.20.1- Reacciones horizontales

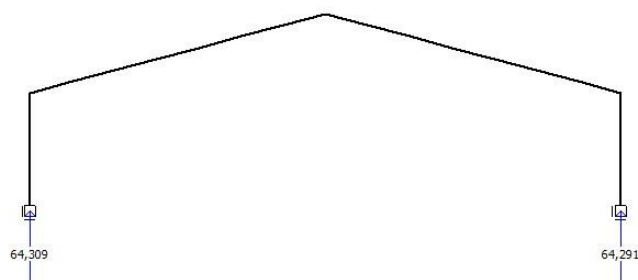


Figura 1.20.2- Reacciones verticales

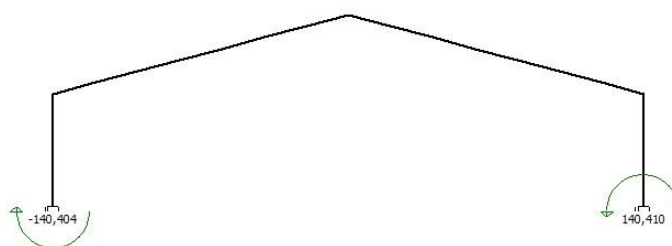


Figura 1.20.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	80,105	64,309	-140,404
2	15,00	0,000	-80,105	64,291	140,410

1.21 Desplazamientos

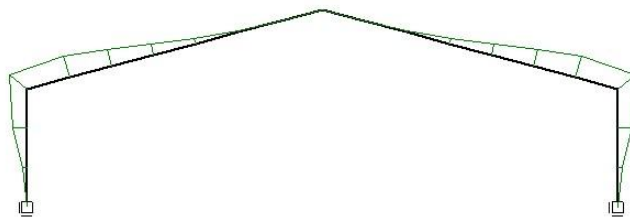


Figura 1.21.1- Desplazamientos horizontales

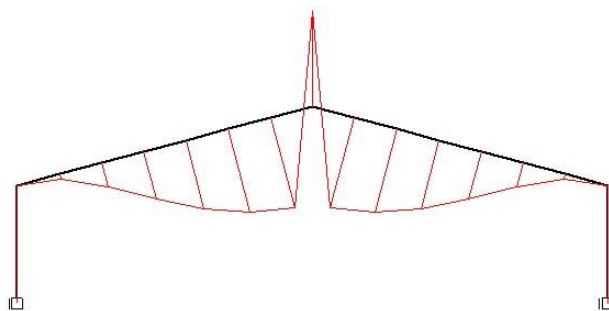


Figura 1.21.2- Desplazamientos verticales

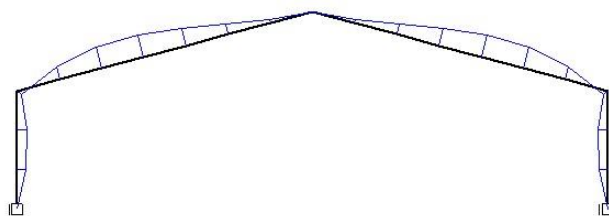


Figura 1.21.3- Giros

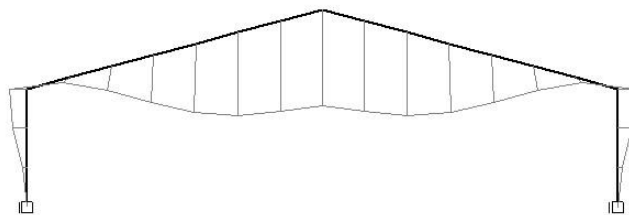


Figura 1.21.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,00	0,000	1,000	-1,129	-0,022	1,997
1	2,00	0,000	2,000	-3,479	-0,043	2,446
1	3,00	0,000	3,000	-5,518	-0,065	1,385
2	1,11	1,071	3,286	-5,281	-1,289	-3,156
2	2,22	2,143	3,571	-4,121	-5,975	-5,179
2	3,33	3,214	3,857	-2,660	-11,759	-5,324
2	4,44	4,286	4,143	-1,346	-16,983	-4,235
2	5,54	5,357	4,429	-0,440	-20,664	-2,558
2	6,65	6,429	4,714	-0,021	-22,520	-0,932
2	7,76	7,500	5,000	0,021	-22,947	-0,001
3	1,11	8,571	4,714	0,058	-22,521	0,930
3	2,22	9,643	4,429	0,471	-20,665	2,556
3	3,33	10,714	4,143	1,370	-16,985	4,233
3	4,44	11,786	3,857	2,678	-11,760	5,322
3	5,54	12,857	3,571	4,133	-5,976	5,178
3	6,65	13,929	3,286	5,287	-1,289	3,156
3	7,76	15,000	3,000	5,519	-0,065	-1,386
4	1,00	15,000	2,000	3,479	-0,043	-2,446

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

4	2,00	15,000	1,000	1,130	-0,022	-1,998
4	3,00	15,000	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN V

1.22 Apoyos/Secciones

1.22.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	3,000	PilarTipo	50408,24
2	7,500	2,000	DintelTipo	16741,07
3	7,500	-2,000	DintelTipo	16741,07
4	0,000	-3,000	PilarTipo	50408,24

1.22.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	15,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

1.23 Cargas

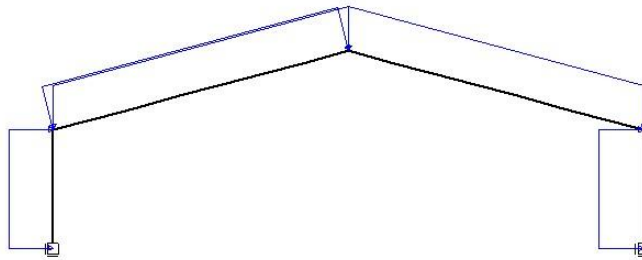


Figura 1.23.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [°]	L [m]	Global
1	1	0	q	3,45	3,45	90	3	L
2	2	0	q	2,02	2,02	-90	7,76	G
3	2	0	q	2,44	2,44	-90	7,76	G
4	2	0	q	0,9	0,9	90	7,76	L
5	3	0	q	2,02	2,02	-90	7,76	G
6	3	0	q	2,44	2,44	-90	7,76	G
7	4	0	q	1,87	1,87	-90	3	L

1.24 Esfuerzos

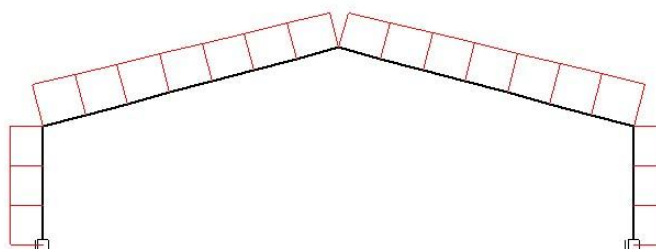


Figura 1.24.1- Esfuerzos axiales

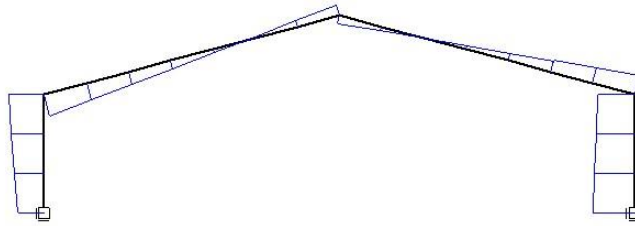


Figura 1.24.2- Esfuerzos cortante

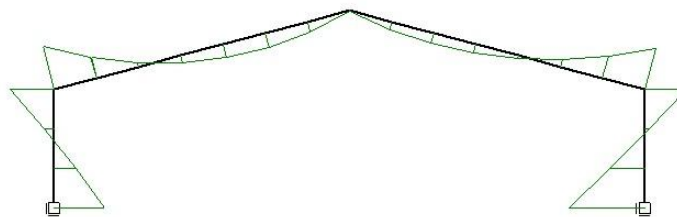


Figura 1.24.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-39,684	32,804	60,735
1	1,00	0,000	1,000	-39,684	36,254	26,206
1	1,00	0,000	1,000	-39,684	36,254	26,206
1	2,00	0,000	2,000	-39,684	39,704	-11,773
1	2,00	0,000	2,000	-39,684	39,704	-11,773
1	3,00	0,000	3,000	-39,684	43,154	-53,202
1	3,00	0,000	3,000	-51,931	-27,207	-53,202
2	1,11	1,071	3,286	-50,656	-21,433	-26,242
2	1,11	1,071	3,286	-50,632	-21,489	-26,242
2	2,22	2,143	3,571	-49,356	-15,711	-5,611

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)*Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples*

2	2,22	2,143	3,571	-49,373	-15,656	-5,611
2	3,33	3,214	3,857	-48,098	-9,882	8,544
2	3,33	3,214	3,857	-48,095	-9,893	8,544
2	4,44	4,286	4,143	-46,819	-4,114	16,314
2	4,44	4,286	4,143	-46,820	-4,103	16,314
2	5,54	5,357	4,429	-45,544	1,672	17,662
2	5,54	5,357	4,429	-45,546	1,621	17,662
2	6,65	6,429	4,714	-44,269	7,399	12,659
2	6,65	6,429	4,714	-44,261	7,448	12,659
2	7,76	7,500	5,000	-42,988	13,212	1,202
2	7,76	7,500	5,000	-43,852	-9,978	1,202
3	1,11	8,571	4,714	-45,127	-5,201	9,615
3	1,11	8,571	4,714	-45,133	-5,152	9,615
3	2,22	9,643	4,429	-46,409	-0,372	12,678
3	2,22	9,643	4,429	-46,409	-0,423	12,678
3	3,33	10,714	4,143	-47,684	4,354	10,500
3	3,33	10,714	4,143	-47,683	4,365	10,500
3	4,44	11,786	3,857	-48,960	9,145	3,005
3	4,44	11,786	3,857	-48,962	9,134	3,005
3	5,54	12,857	3,571	-50,238	13,911	-9,768
3	5,54	12,857	3,571	-50,222	13,966	-9,768
3	6,65	13,929	3,286	-51,499	18,746	-27,910
3	6,65	13,929	3,286	-51,519	18,689	-27,910
3	7,76	15,000	3,000	-52,793	23,457	-51,275
3	7,76	15,000	3,000	-36,283	-44,953	-51,275
4	1,00	15,000	2,000	-36,283	-46,823	-5,387
4	1,00	15,000	2,000	-36,283	-46,823	-5,387
4	2,00	15,000	1,000	-36,283	-48,693	42,372

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

4	2,00	15,000	1,000	-36,283	-48,693	42,372
4	3,00	15,000	0,000	-36,283	-50,563	92,000

1.25 Reacciones

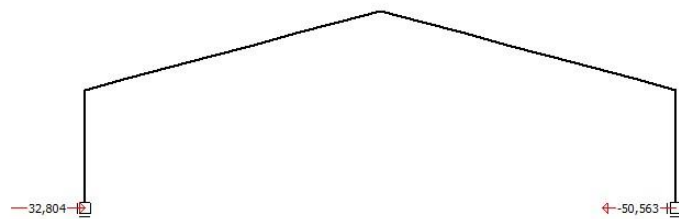


Figura 1.25.1- Reacciones horizontales

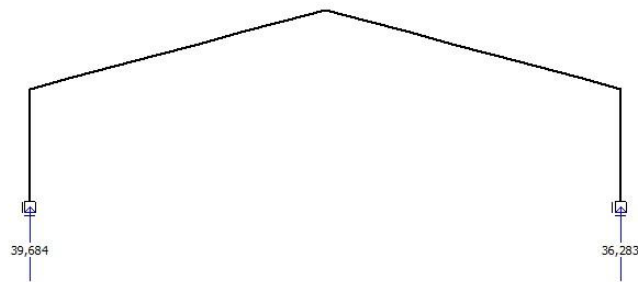


Figura 1.25.2- Reacciones verticales

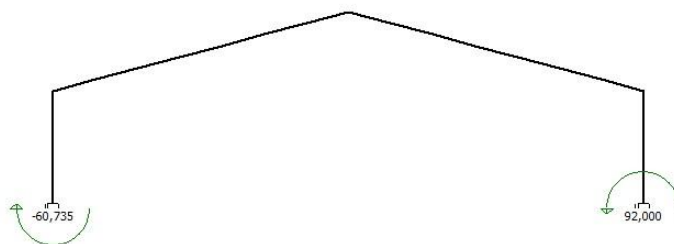


Figura 1.25.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	32,804	39,684	-60,735
2	15,00	0,000	-50,563	36,283	92,000

1.26 Desplazamientos

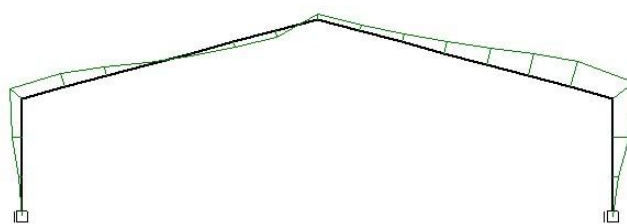


Figura 1.26.1- Desplazamientos horizontales

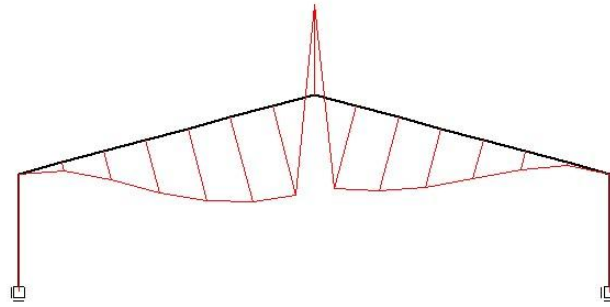


Figura 1.26.2- Desplazamientos verticales

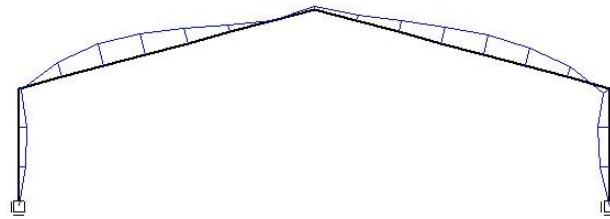


Figura 1.26.3- Giros

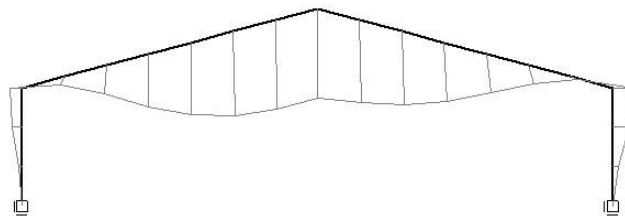


Figura 1.26.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,00	0,000	1,000	-0,491	-0,013	0,868
1	2,00	0,000	2,000	-1,496	-0,027	1,017
1	3,00	0,000	3,000	-2,262	-0,040	0,378
2	1,11	1,071	3,286	-2,007	-1,197	-2,217

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

2	2,22	2,143	3,571	-1,246	-4,255	-3,237
2	3,33	3,214	3,857	-0,364	-7,747	-3,104
2	4,44	4,286	4,143	0,368	-10,672	-2,245
2	5,54	5,357	4,429	0,801	-12,476	-1,085
2	6,65	6,429	4,714	0,911	-13,063	-0,045
2	7,76	7,500	5,000	0,793	-12,790	0,449
3	1,11	8,571	4,714	0,918	-12,139	0,836
3	2,22	9,643	4,429	1,214	-10,837	1,604
3	3,33	10,714	4,143	1,743	-8,666	2,401
3	4,44	11,786	3,857	2,460	-5,779	2,878
3	5,54	12,857	3,571	3,225	-2,713	2,683
3	6,65	13,929	3,286	3,792	-0,368	1,464
3	7,76	15,000	3,000	3,824	-0,036	-1,128
4	1,00	15,000	2,000	2,337	-0,024	-1,693
4	2,00	15,000	1,000	0,747	-0,012	-1,330
4	3,00	15,000	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN VI

1.27 Apoyos/Secciones

1.27.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	3,000	PilarTipo	50408,24

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

2	7,500	2,000	DintelTipo	16741,07
3	7,500	-2,000	DintelTipo	16741,07
4	0,000	-3,000	PilarTipo	50408,24

1.27.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	15,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

1.28 Cargas

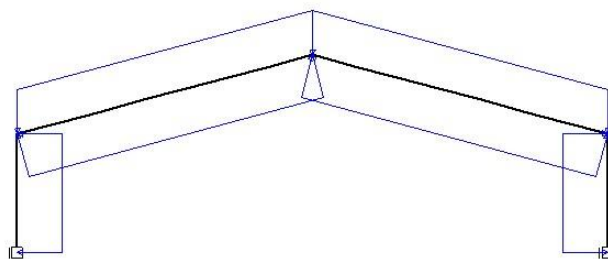


Figura 1.28.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [°]	L [m]	Global
1	1	0	q	3,37	3,37	-90	3	L
2	2	0	q	2,02	2,02	-90	7,76	G
3	2	0	q	2,77	2,77	-90	7,76	L
4	3	0	q	2,02	2,02	-90	7,76	G
5	3	0	q	2,77	2,77	-90	7,76	L
6	4	0	q	3,37	3,37	-90	3	L

1.29 Esfuerzos

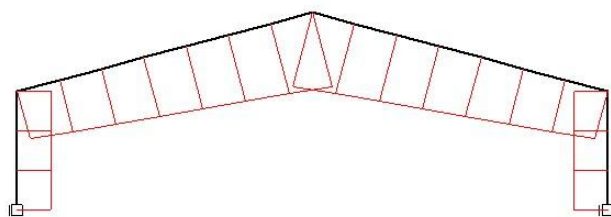


Figura 1.29.1- Esfuerzos axiales

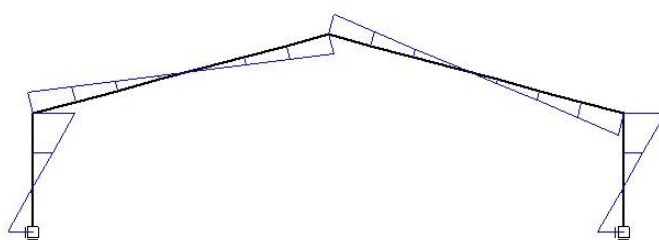
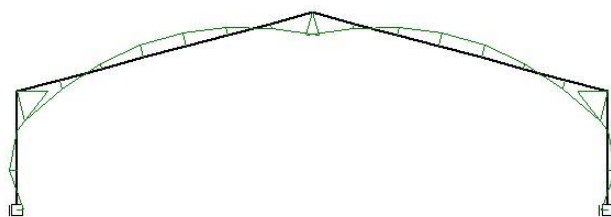


Figura 1.29.2- Esfuerzos cortante



PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

Figura 1.29.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	5,095	3,850	0,979
1	1,00	0,000	1,000	5,095	0,480	-1,186
1	1,00	0,000	1,000	5,095	0,480	-1,186
1	2,00	0,000	2,000	5,095	-2,890	0,019
1	2,00	0,000	2,000	5,095	-2,890	0,019
1	3,00	0,000	3,000	5,095	-6,260	4,595
1	3,00	0,000	3,000	7,363	3,307	4,595
2	1,11	1,071	3,286	7,940	2,400	1,431
2	1,11	1,071	3,286	7,938	2,409	1,431
2	2,22	2,143	3,571	8,516	1,501	-0,738
2	2,22	2,143	3,571	8,517	1,492	-0,738
2	3,33	3,214	3,857	9,095	0,585	-1,888
2	3,33	3,214	3,857	9,095	0,587	-1,888
2	4,44	4,286	4,143	9,673	-0,321	-2,036
2	4,44	4,286	4,143	9,673	-0,324	-2,036
2	5,54	5,357	4,429	10,251	-1,231	-1,174
2	5,54	5,357	4,429	10,252	-1,219	-1,174
2	6,65	6,429	4,714	10,830	-2,127	0,682
2	6,65	6,429	4,714	10,828	-2,139	0,682
2	7,76	7,500	5,000	11,405	-3,045	3,556
2	7,76	7,500	5,000	11,404	3,046	3,556
3	1,11	8,571	4,714	10,827	2,139	0,682
3	1,11	8,571	4,714	10,829	2,127	0,682
3	2,22	9,643	4,429	10,251	1,219	-1,174
3	2,22	9,643	4,429	10,249	1,231	-1,174
3	3,33	10,714	4,143	9,672	0,323	-2,035

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

3	3,33	10,714	4,143	9,672	0,321	-2,035
3	4,44	11,786	3,857	9,094	-0,587	-1,888
3	4,44	11,786	3,857	9,094	-0,585	-1,888
3	5,54	12,857	3,571	8,516	-1,492	-0,737
3	5,54	12,857	3,571	8,514	-1,501	-0,737
3	6,65	13,929	3,286	7,936	-2,409	1,432
3	6,65	13,929	3,286	7,939	-2,400	1,432
3	7,76	15,000	3,000	7,362	-3,306	4,596
3	7,76	15,000	3,000	5,093	6,260	4,596
4	1,00	15,000	2,000	5,093	2,890	0,021
4	1,00	15,000	2,000	5,093	2,890	0,021
4	2,00	15,000	1,000	5,093	-0,480	-1,184
4	2,00	15,000	1,000	5,093	-0,480	-1,184
4	3,00	15,000	0,000	5,093	-3,850	0,981

1.30 Reacciones

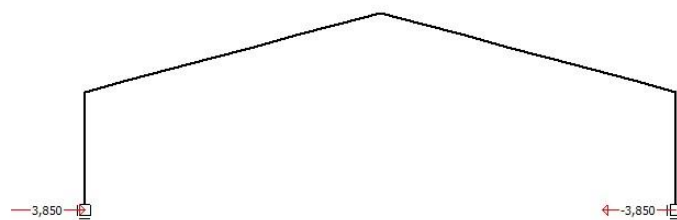


Figura 1.30.1- Reacciones horizontales

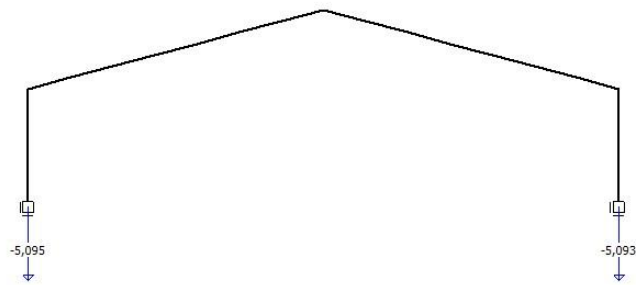


Figura 1.30.2- Reacciones verticales

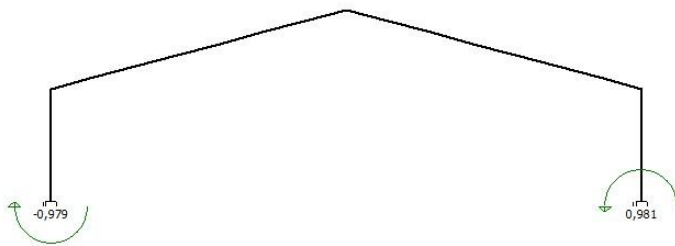


Figura 1.30.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	3,850	-5,095	-0,979
2	15,00	0,000	-3,850	-5,093	0,981

1.31 Desplazamientos

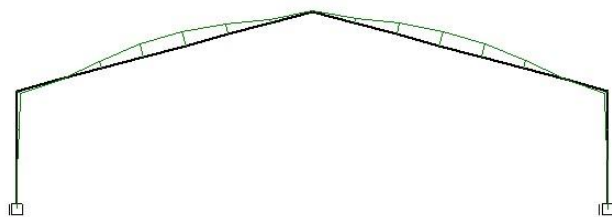


Figura 1.31.1- Desplazamientos horizontales

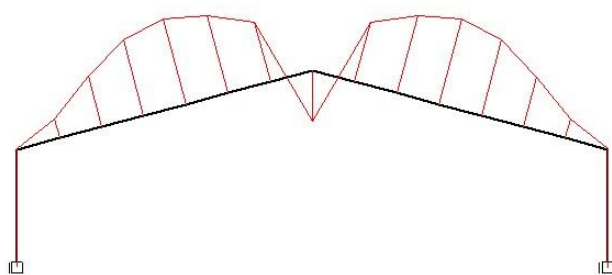


Figura 1.31.2- Desplazamientos verticales

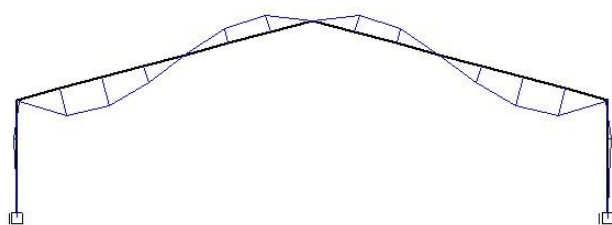


Figura 1.31.3- Giros

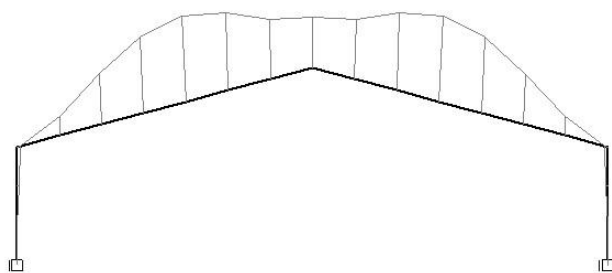


Figura 1.31.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,00	0,000	1,000	0,000	0,002	-0,008
1	2,00	0,000	2,000	0,018	0,003	-0,025
1	3,00	0,000	3,000	0,031	0,005	0,015
2	1,11	1,071	3,286	0,002	0,146	0,209
2	2,22	2,143	3,571	-0,055	0,395	0,227
2	3,33	3,214	3,857	-0,099	0,598	0,134
2	4,44	4,286	4,143	-0,109	0,673	-0,001
2	5,54	5,357	4,429	-0,080	0,609	-0,113
2	6,65	6,429	4,714	-0,031	0,468	-0,135
2	7,76	7,500	5,000	0,004	0,382	0,000
3	1,11	8,571	4,714	0,039	0,468	0,135
3	2,22	9,643	4,429	0,087	0,609	0,113
3	3,33	10,714	4,143	0,114	0,673	0,001
3	4,44	11,786	3,857	0,103	0,598	-0,135
3	5,54	12,857	3,571	0,058	0,395	-0,227
3	6,65	13,929	3,286	0,000	0,146	-0,210
3	7,76	15,000	3,000	-0,031	0,005	-0,016
4	1,00	15,000	2,000	-0,018	0,003	0,025

4	2,00	15,000	1,000	0,000	0,002	0,008
4	3,00	15,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**RESULTADOS DE LAS COMBINACIONES DE ACCIONES CON LAS CARGAS
SIN MAYORAR**

2 Análisis - PorticoADosAguas

2.1 Geometría

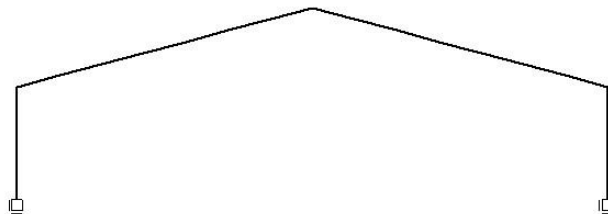


Figura 2.1.1- Detalle estructura

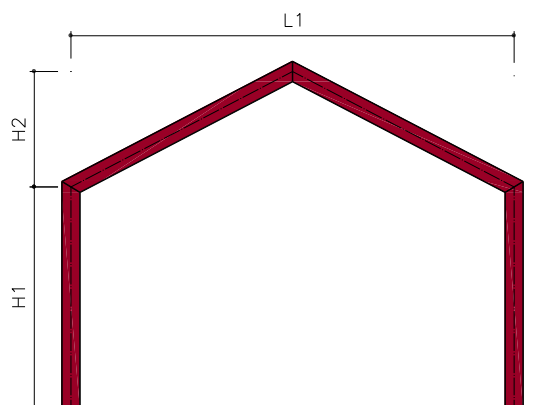


Figura 2.1.2- Esquema estructura

Variable	Valor
L1	15
H1	3
H2	2

COMBINACIÓN I

2.2 Apoyos/Secciones

2.2.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	3,000	IPE_330_S-275	23583,91
2	7,500	2,000	IPE_330_S-275	23583,91
3	7,500	-2,000	IPE_330_S-275	23583,91
4	0,000	-3,000	IPE_330_S-275	23583,91

2.2.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

2	15,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
---	--------	-------	-----------	-----------	-----------

2.3 Cargas

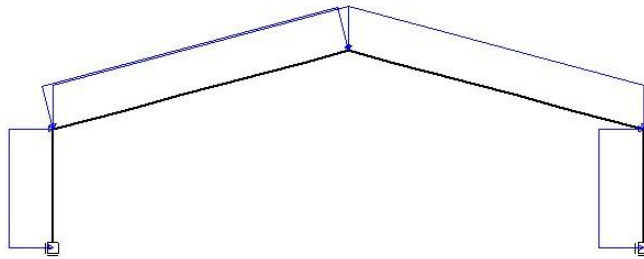


Figura 2.3.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	1,38	1,38	90	3	L
2	2	0	q	1,5	1,5	-90	7,76	G
3	2	0	q	3,25	3,25	-90	7,76	G
4	2	0	q	0,36	0,36	90	7,76	L
5	3	0	q	1,5	1,5	-90	7,76	G
6	3	0	q	3,25	3,25	-90	7,76	G
7	4	0	q	0,75	0,75	-90	3	L

2.4 Esfuerzos

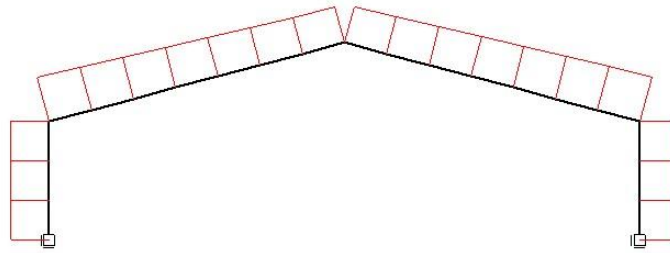


Figura 2.4.1- Esfuerzos axiales

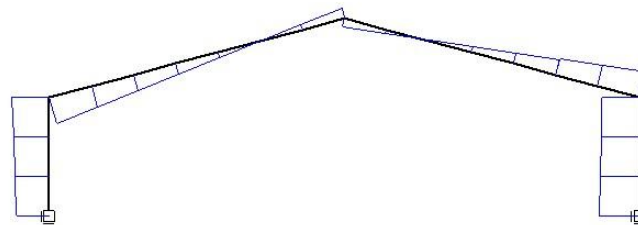


Figura 2.4.2- Esfuerzos cortante

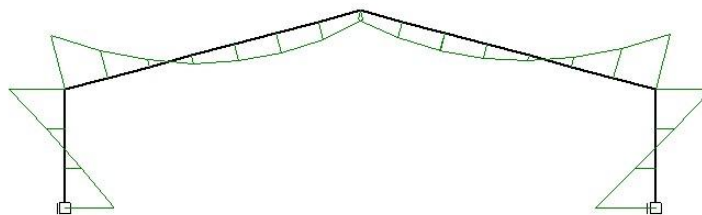


Figura 2.4.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-38,772	33,557	50,252

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)*Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples*

1	1,00	0,000	1,000	-38,772	34,937	16,005
1	1,00	0,000	1,000	-38,772	34,937	16,005
1	2,00	0,000	2,000	-38,772	36,317	-19,623
1	2,00	0,000	2,000	-38,772	36,317	-19,623
1	3,00	0,000	3,000	-38,772	37,697	-56,630
1	3,00	0,000	3,000	-46,424	-27,734	-56,630
2	1,11	1,071	3,286	-45,066	-22,248	-28,927
2	1,11	1,071	3,286	-45,041	-22,297	-28,927
2	2,22	2,143	3,571	-43,682	-16,807	-7,239
2	2,22	2,143	3,571	-43,700	-16,759	-7,239
2	3,33	3,214	3,857	-42,342	-11,273	8,298
2	3,33	3,214	3,857	-42,339	-11,283	8,298
2	4,44	4,286	4,143	-40,980	-5,792	17,770
2	4,44	4,286	4,143	-40,981	-5,782	17,770
2	5,54	5,357	4,429	-39,623	-0,296	21,139
2	5,54	5,357	4,429	-39,622	-0,339	21,139
2	6,65	6,429	4,714	-38,263	5,150	18,471
2	6,65	6,429	4,714	-38,257	5,193	18,471
2	7,76	7,500	5,000	-36,901	10,669	9,674
2	7,76	7,500	5,000	-37,307	-9,148	9,674
3	1,11	8,571	4,714	-38,666	-4,061	16,995
3	1,11	8,571	4,714	-38,670	-4,018	16,995
3	2,22	9,643	4,429	-40,030	1,072	18,629
3	2,22	9,643	4,429	-40,031	1,028	18,629
3	3,33	10,714	4,143	-41,389	6,115	14,669
3	3,33	10,714	4,143	-41,388	6,125	14,669
3	4,44	11,786	3,857	-42,747	11,217	5,049
3	4,44	11,786	3,857	-42,750	11,207	5,049

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

3	5,54	12,857	3,571	-44,109	16,294	-10,194
3	5,54	12,857	3,571	-44,091	16,343	-10,194
3	6,65	13,929	3,286	-45,450	21,433	-31,145
3	6,65	13,929	3,286	-45,474	21,383	-31,145
3	7,76	15,000	3,000	-46,829	26,461	-57,669
3	7,76	15,000	3,000	-37,647	-38,417	-57,669
4	1,00	15,000	2,000	-37,647	-39,167	-18,876
4	1,00	15,000	2,000	-37,647	-39,167	-18,876
4	2,00	15,000	1,000	-37,647	-39,917	20,666
4	2,00	15,000	1,000	-37,647	-39,917	20,666
4	3,00	15,000	0,000	-37,647	-40,667	60,958

2.5 Reacciones

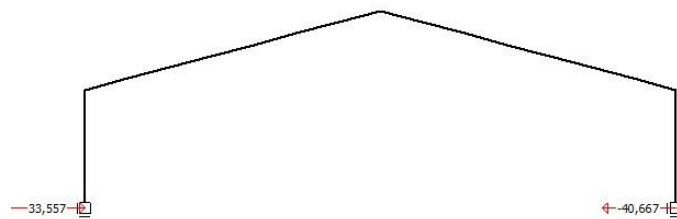


Figura 2.5.1- Reacciones horizontales

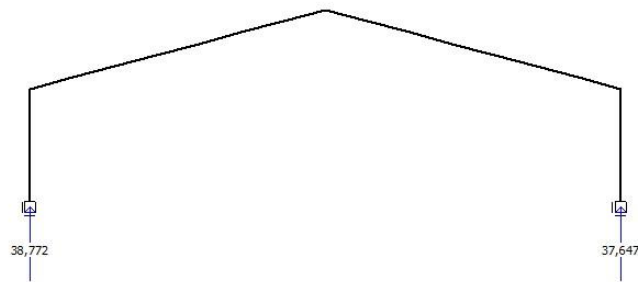


Figura 2.5.2- Reacciones verticales

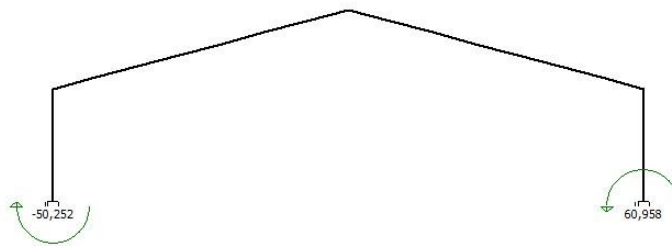


Figura 2.5.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	33,557	38,772	-50,252
2	15,00	0,000	-40,667	37,647	60,958

2.6 Desplazamientos

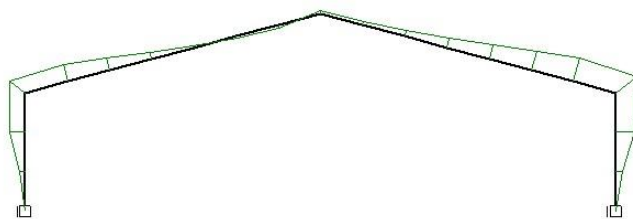


Figura 2.6.1- Desplazamientos horizontales

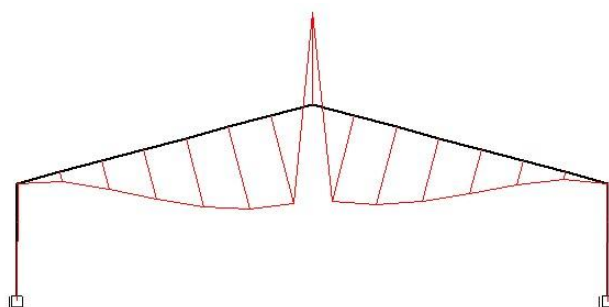


Figura 2.6.2- Desplazamientos verticales

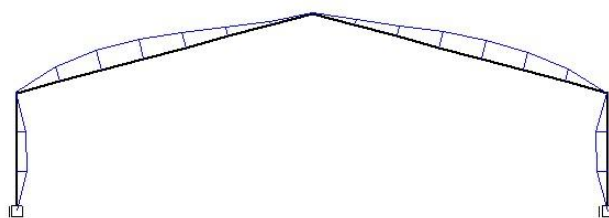


Figura 2.6.3- Giros

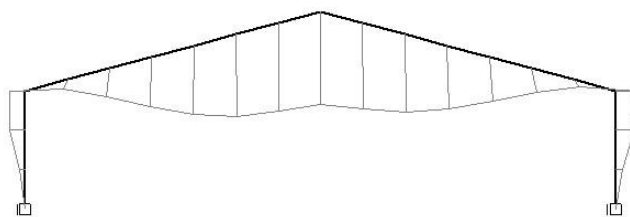


Figura 2.6.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,00	0,000	1,000	-0,826	-0,031	1,410
1	2,00	0,000	2,000	-2,325	-0,062	1,338
1	3,00	0,000	3,000	-2,988	-0,093	-0,274
2	1,11	1,071	3,286	-2,632	-1,577	-2,261
2	2,22	2,143	3,571	-1,883	-4,544	-3,088
2	3,33	3,214	3,857	-1,025	-7,900	-3,039
2	4,44	4,286	4,143	-0,271	-10,865	-2,402
2	5,54	5,357	4,429	0,253	-12,958	-1,464
2	6,65	6,429	4,714	0,499	-14,012	-0,508
2	7,76	7,500	5,000	0,505	-14,161	0,177
3	1,11	8,571	4,714	0,607	-13,645	0,826
3	2,22	9,643	4,429	0,928	-12,297	1,686
3	3,33	10,714	4,143	1,494	-10,034	2,490
3	4,44	11,786	3,857	2,249	-7,054	2,976
3	5,54	12,857	3,571	3,065	-3,845	2,878
3	6,65	13,929	3,286	3,734	-1,171	1,928
3	7,76	15,000	3,000	3,979	-0,090	-0,138
4	1,00	15,000	2,000	2,892	-0,060	-1,763

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

4	2,00	15,000	1,000	1,006	-0,030	-1,728
4	3,00	15,000	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN II

2.7 Apoyos/Secciones

2.7.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	3,000	IPE_330_S-275	23583,91
2	7,500	2,000	IPE_330_S-275	23583,91
3	7,500	-2,000	IPE_330_S-275	23583,91
4	0,000	-3,000	IPE_330_S-275	23583,91

2.7.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	15,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

2.8 Cargas

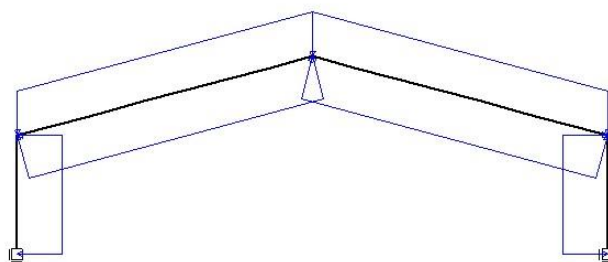


Figura 2.8.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	1,35	1,35	-90	3	L
2	2	0	q	1,5	1,5	-90	7,76	G
3	2	0	q	3,25	3,25	-90	7,76	G
4	2	0	q	1,11	1,11	-90	7,76	L
5	3	0	q	1,5	1,5	-90	7,76	G
6	3	0	q	3,25	3,25	-90	7,76	G
7	3	0	q	1,11	1,11	-90	7,76	L
8	4	0	q	1,35	1,35	-90	3	L

2.9 Esfuerzos

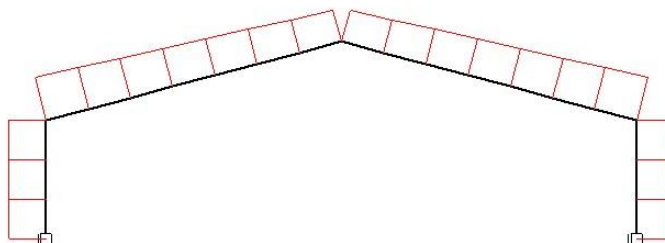


Figura 2.9.1- Esfuerzos axiales

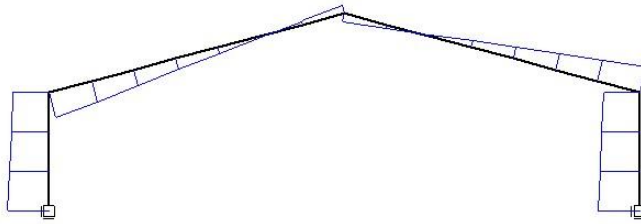


Figura 2.9.2- Esfuerzos cortante

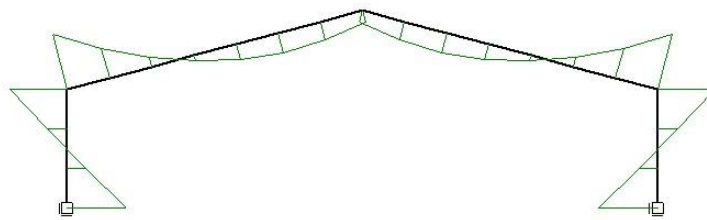


Figura 2.9.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-28,541	31,915	45,556
1	1,00	0,000	1,000	-28,541	30,565	14,315
1	1,00	0,000	1,000	-28,541	30,565	14,315
1	2,00	0,000	2,000	-28,541	29,215	-15,575
1	2,00	0,000	2,000	-28,541	29,215	-15,575
1	3,00	0,000	3,000	-28,541	27,865	-44,115
1	3,00	0,000	3,000	-34,285	-20,386	-44,115
2	1,11	1,071	3,286	-32,927	-16,529	-23,655
2	1,11	1,071	3,286	-32,909	-16,565	-23,655
2	2,22	2,143	3,571	-31,549	-12,706	-7,420

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)*Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples*

2	2,22	2,143	3,571	-31,563	-12,671	-7,420
2	3,33	3,214	3,857	-30,205	-8,814	4,488
2	3,33	3,214	3,857	-30,203	-8,821	4,488
2	4,44	4,286	4,143	-28,843	-4,961	12,134
2	4,44	4,286	4,143	-28,844	-4,955	12,134
2	5,54	5,357	4,429	-27,486	-1,098	15,489
2	5,54	5,357	4,429	-27,485	-1,128	15,489
2	6,65	6,429	4,714	-26,125	2,731	14,600
2	6,65	6,429	4,714	-26,122	2,760	14,600
2	7,76	7,500	5,000	-24,766	6,610	9,403
2	7,76	7,500	5,000	-24,764	-6,617	9,403
3	1,11	8,571	4,714	-26,123	-2,760	14,600
3	1,11	8,571	4,714	-26,126	-2,731	14,600
3	2,22	9,643	4,429	-27,485	1,128	15,490
3	2,22	9,643	4,429	-27,486	1,097	15,490
3	3,33	10,714	4,143	-28,845	4,954	12,135
3	3,33	10,714	4,143	-28,844	4,961	12,135
3	4,44	11,786	3,857	-30,203	8,821	4,490
3	4,44	11,786	3,857	-30,205	8,814	4,490
3	5,54	12,857	3,571	-31,564	12,671	-7,419
3	5,54	12,857	3,571	-31,550	12,706	-7,419
3	6,65	13,929	3,286	-32,909	16,565	-23,653
3	6,65	13,929	3,286	-32,928	16,529	-23,653
3	7,76	15,000	3,000	-34,283	20,378	-44,113
3	7,76	15,000	3,000	-28,533	-27,865	-44,113
4	1,00	15,000	2,000	-28,533	-29,215	-15,572
4	1,00	15,000	2,000	-28,533	-29,215	-15,572
4	2,00	15,000	1,000	-28,533	-30,565	14,318

4	2,00	15,000	1,000	-28,533	-30,565	14,318
4	3,00	15,000	0,000	-28,533	-31,915	45,558

2.10 Reacciones

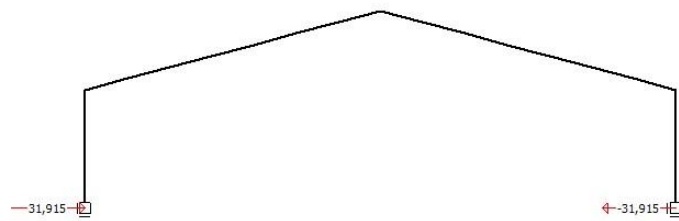


Figura 2.10.1- Reacciones horizontales

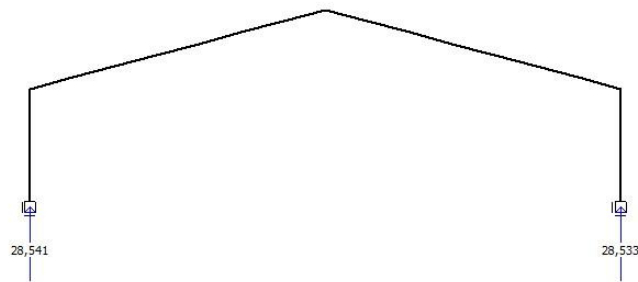


Figura 2.10.2- Reacciones verticales

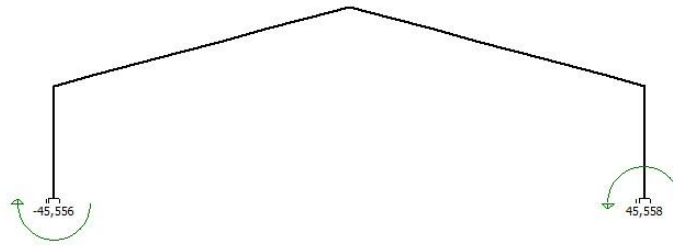


Figura 2.10.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	31,915	28,541	-45,556
2	15,00	0,000	-31,915	28,533	45,558

2.11 Desplazamientos

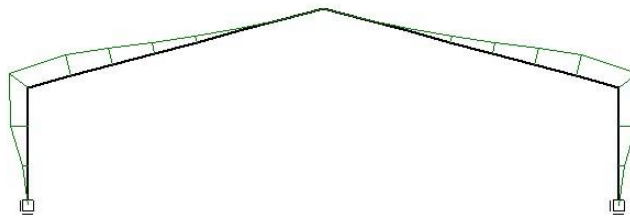


Figura 2.11.1- Desplazamientos horizontales

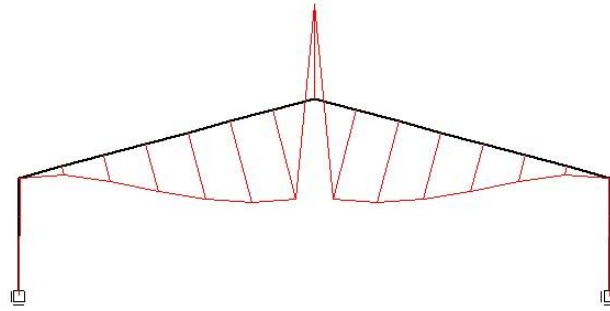


Figura 2.11.2- Desplazamientos verticales

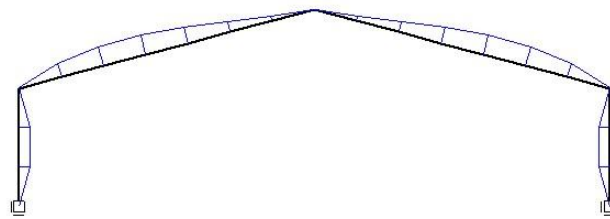


Figura 2.11.3- Giros

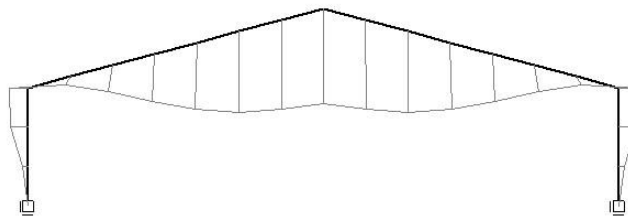


Figura 2.11.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,00	0,000	1,000	-0,743	-0,023	1,265
1	2,00	0,000	2,000	-2,097	-0,046	1,233
1	3,00	0,000	3,000	-2,796	-0,068	-0,037
2	1,11	1,071	3,286	-2,565	-1,045	-1,613

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

2	2,22	2,143	3,571	-2,011	-3,232	-2,327
2	3,33	3,214	3,857	-1,350	-5,809	-2,379
2	4,44	4,286	4,143	-0,743	-8,180	-1,972
2	5,54	5,357	4,429	-0,294	-9,955	-1,306
2	6,65	6,429	4,714	-0,048	-10,968	-0,581
2	7,76	7,500	5,000	0,009	-11,263	0,000
3	1,11	8,571	4,714	0,063	-10,968	0,580
3	2,22	9,643	4,429	0,307	-9,955	1,305
3	3,33	10,714	4,143	0,754	-8,180	1,971
3	4,44	11,786	3,857	1,358	-5,810	2,379
3	5,54	12,857	3,571	2,017	-3,233	2,327
3	6,65	13,929	3,286	2,567	-1,045	1,613
3	7,76	15,000	3,000	2,796	-0,068	0,037
4	1,00	15,000	2,000	2,097	-0,045	-1,233
4	2,00	15,000	1,000	0,743	-0,023	-1,265
4	3,00	15,000	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN III

2.12 Apoyos/Secciones

2.12.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	3,000	IPE_330_S-275	23583,91
2	7,500	2,000	IPE_330_S-275	23583,91

3	7,500	-2,000	IPE_330_S-275	23583,91
4	0,000	-3,000	IPE_330_S-275	23583,91

2.12.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	15,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

2.13 Cargas

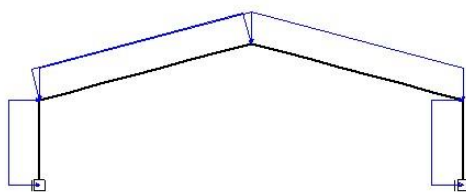


Figura 2.13.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [º]	L [m]	Global
1	1	0	q	1,38	1,38	90	3	L
2	2	0	q	1,5	1,5	-90	7,76	G
3	2	0	q	2	2	-90	7,76	G
4	2	0	q	1,62	1,62	-90	7,76	G
5	2	0	q	0,36	0,36	90	7,76	L
6	3	0	q	1,5	1,5	-90	7,76	G
7	3	0	q	2	2	-90	7,76	G
8	3	0	q	1,62	1,62	-90	7,76	G
9	4	0	q	0,75	0,75	-90	3	L

2.14 Esfuerzos

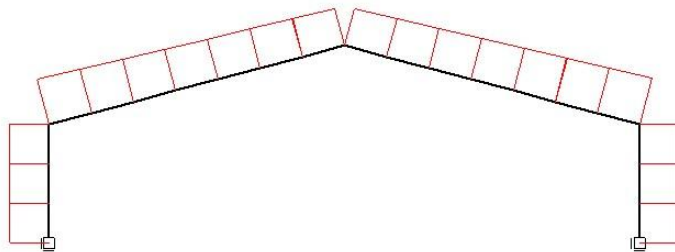


Figura 2.14.1- Esfuerzos axiales

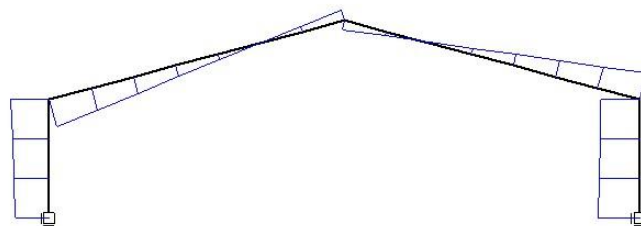


Figura 2.14.2- Esfuerzos cortante

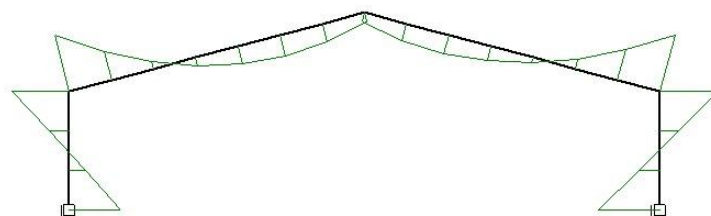


Figura 2.14.3- Momentos flectores

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-41,644	36,407	54,487
1	1,00	0,000	1,000	-41,644	37,787	17,390
1	1,00	0,000	1,000	-41,644	37,787	17,390
1	2,00	0,000	2,000	-41,644	39,167	-21,087
1	2,00	0,000	2,000	-41,644	39,167	-21,087
1	3,00	0,000	3,000	-41,644	40,547	-60,944
1	3,00	0,000	3,000	-49,919	-29,773	-60,944
2	1,11	1,071	3,286	-48,454	-23,890	-31,200
2	1,11	1,071	3,286	-48,428	-23,944	-31,200
2	2,22	2,143	3,571	-46,963	-18,058	-7,906
2	2,22	2,143	3,571	-46,982	-18,006	-7,906
2	3,33	3,214	3,857	-45,518	-12,123	8,794
2	3,33	3,214	3,857	-45,515	-12,134	8,794
2	4,44	4,286	4,143	-44,050	-6,246	18,990
2	4,44	4,286	4,143	-44,051	-6,236	18,990
2	5,54	5,357	4,429	-42,587	-0,353	22,642
2	5,54	5,357	4,429	-42,586	-0,400	22,642
2	6,65	6,429	4,714	-41,121	5,486	19,821
2	6,65	6,429	4,714	-41,115	5,532	19,821
2	7,76	7,500	5,000	-39,654	11,403	10,428
2	7,76	7,500	5,000	-40,059	-9,883	10,428
3	1,11	8,571	4,714	-41,524	-4,400	18,345
3	1,11	8,571	4,714	-41,529	-4,354	18,345
3	2,22	9,643	4,429	-42,994	1,133	20,132
3	2,22	9,643	4,429	-42,995	1,086	20,132
3	3,33	10,714	4,143	-44,459	6,569	15,889
3	3,33	10,714	4,143	-44,458	6,579	15,889

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

3	4,44	11,786	3,857	-45,923	12,068	5,545
3	4,44	11,786	3,857	-45,926	12,057	5,545
3	5,54	12,857	3,571	-47,390	17,541	-10,860
3	5,54	12,857	3,571	-47,371	17,593	-10,860
3	6,65	13,929	3,286	-48,836	23,080	-33,418
3	6,65	13,929	3,286	-48,862	23,026	-33,418
3	7,76	15,000	3,000	-50,323	28,499	-61,982
3	7,76	15,000	3,000	-40,518	-41,267	-61,982
4	1,00	15,000	2,000	-40,518	-42,017	-20,340
4	1,00	15,000	2,000	-40,518	-42,017	-20,340
4	2,00	15,000	1,000	-40,518	-42,767	22,051
4	2,00	15,000	1,000	-40,518	-42,767	22,051
4	3,00	15,000	0,000	-40,518	-43,517	65,193

2.15 Reacciones

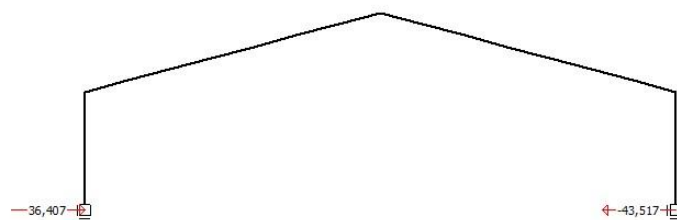


Figura 2.15.1- Reacciones horizontales

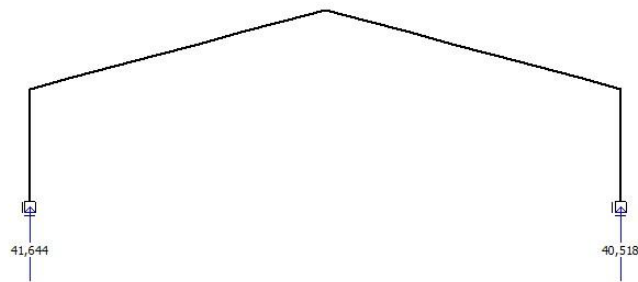


Figura 2.15.2- Reacciones verticales

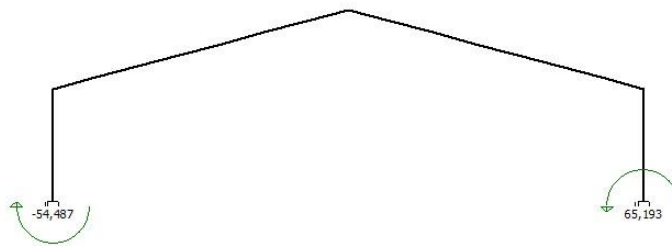


Figura 2.15.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	36,407	41,644	-54,487
2	15,00	0,000	-43,517	40,518	65,193

2.16 Desplazamientos

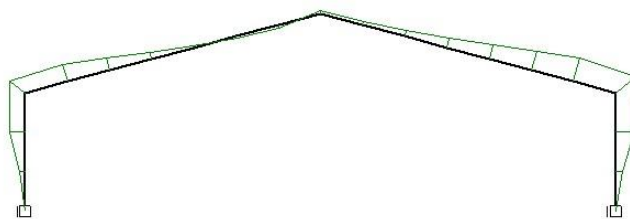


Figura 2.16.1- Desplazamientos horizontales

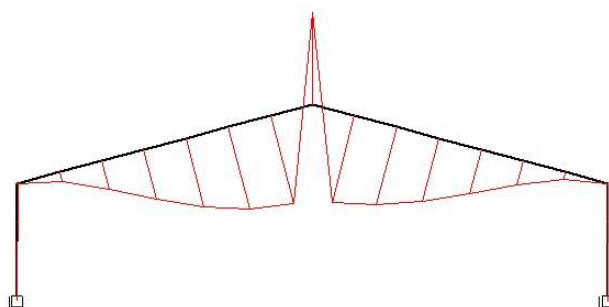


Figura 2.16.2- Desplazamientos verticales

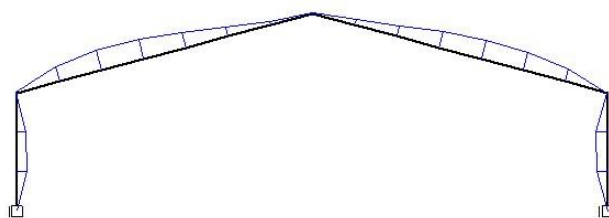


Figura 2.16.3- Giros

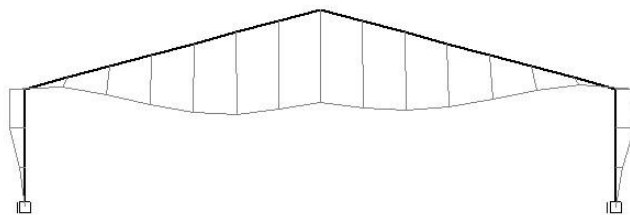


Figura 2.16.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,00	0,000	1,000	-0,895	-0,033	1,529
1	2,00	0,000	2,000	-2,523	-0,066	1,455
1	3,00	0,000	3,000	-3,252	-0,100	-0,279
2	1,11	1,071	3,286	-2,874	-1,680	-2,419
2	2,22	2,143	3,571	-2,071	-4,861	-3,313
2	3,33	3,214	3,857	-1,149	-8,465	-3,267
2	4,44	4,286	4,143	-0,338	-11,655	-2,588
2	5,54	5,357	4,429	0,227	-13,914	-1,584
2	6,65	6,429	4,714	0,495	-15,060	-0,559
2	7,76	7,500	5,000	0,506	-15,234	0,177
3	1,11	8,571	4,714	0,612	-14,693	0,877
3	2,22	9,643	4,429	0,955	-13,253	1,806
3	3,33	10,714	4,143	1,562	-10,825	2,676
3	4,44	11,786	3,857	2,374	-7,619	3,204
3	5,54	12,857	3,571	3,253	-4,161	3,103
3	6,65	13,929	3,286	3,976	-1,274	2,086
3	7,76	15,000	3,000	4,243	-0,097	-0,133
4	1,00	15,000	2,000	3,090	-0,065	-1,881

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

4	2,00	15,000	1,000	1,076	-0,032	-1,847
4	3,00	15,000	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN IV

2.17 Apoyos/Secciones

2.17.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	3,000	IPE_330_S-275	23583,91
2	7,500	2,000	IPE_330_S-275	23583,91
3	7,500	-2,000	IPE_330_S-275	23583,91
4	0,000	-3,000	IPE_330_S-275	23583,91

2.17.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	15,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

2.18 Cargas

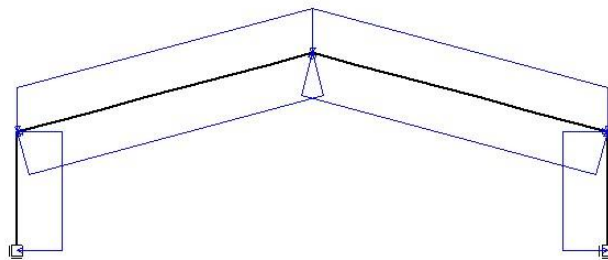


Figura 2.18.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [°]	L [m]	Global
1	1	0	q	1,35	1,35	-90	3	L
2	2	0	q	1,5	1,5	-90	7,76	G
3	2	0	q	2	2	-90	7,76	G
4	2	0	q	1,62	1,62	-90	7,76	G
5	2	0	q	1,11	1,11	-90	7,76	L
6	3	0	q	1,5	1,5	-90	7,76	G
7	3	0	q	2	2	-90	7,76	G
8	3	0	q	1,62	1,62	-90	7,76	G
9	3	0	q	1,11	1,11	-90	7,76	L
10	4	0	q	1,35	1,35	-90	3	L

2.19 Esfuerzos

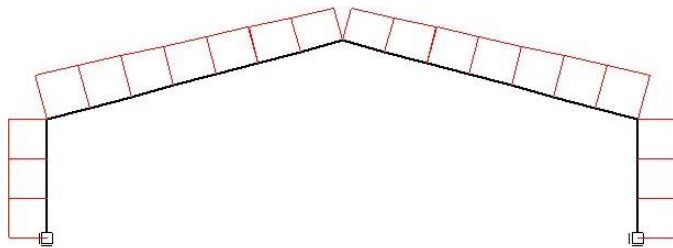


Figura 2.19.1- Esfuerzos axiales

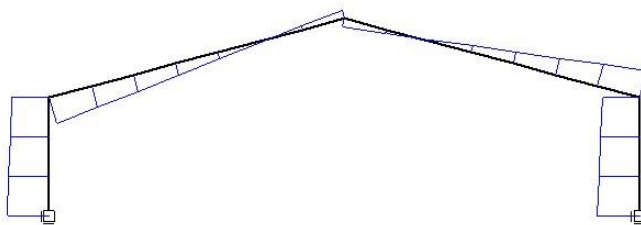


Figura 2.19.2- Esfuerzos cortante

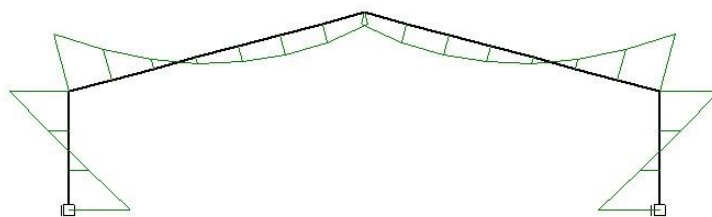


Figura 2.19.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-31,413	34,765	49,791

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

1	1,00	0,000	1,000	-31,413	33,415	15,701
1	1,00	0,000	1,000	-31,413	33,415	15,701
1	2,00	0,000	2,000	-31,413	32,065	-17,039
1	2,00	0,000	2,000	-31,413	32,065	-17,039
1	3,00	0,000	3,000	-31,413	30,715	-48,429
1	3,00	0,000	3,000	-37,780	-22,425	-48,429
2	1,11	1,071	3,286	-36,315	-18,172	-25,928
2	1,11	1,071	3,286	-36,295	-18,212	-25,928
2	2,22	2,143	3,571	-34,830	-13,956	-8,087
2	2,22	2,143	3,571	-34,845	-13,918	-8,087
2	3,33	3,214	3,857	-33,381	-9,665	4,984
2	3,33	3,214	3,857	-33,379	-9,672	4,984
2	4,44	4,286	4,143	-31,913	-5,416	13,354
2	4,44	4,286	4,143	-31,914	-5,408	13,354
2	5,54	5,357	4,429	-30,450	-1,155	16,992
2	5,54	5,357	4,429	-30,449	-1,189	16,992
2	6,65	6,429	4,714	-28,984	3,067	15,950
2	6,65	6,429	4,714	-28,980	3,099	15,950
2	7,76	7,500	5,000	-27,519	7,344	10,157
2	7,76	7,500	5,000	-27,516	-7,352	10,157
3	1,11	8,571	4,714	-28,981	-3,099	15,950
3	1,11	8,571	4,714	-28,984	-3,067	15,950
3	2,22	9,643	4,429	-30,449	1,188	16,992
3	2,22	9,643	4,429	-30,451	1,155	16,992
3	3,33	10,714	4,143	-31,915	5,408	13,355
3	3,33	10,714	4,143	-31,914	5,415	13,355
3	4,44	11,786	3,857	-33,379	9,672	4,985
3	4,44	11,786	3,857	-33,382	9,664	4,985

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

3	5,54	12,857	3,571	-34,846	13,917	-8,085
3	5,54	12,857	3,571	-34,830	13,956	-8,085
3	6,65	13,929	3,286	-36,296	18,212	-25,926
3	6,65	13,929	3,286	-36,316	18,171	-25,926
3	7,76	15,000	3,000	-37,777	22,416	-48,426
3	7,76	15,000	3,000	-31,404	-30,715	-48,426
4	1,00	15,000	2,000	-31,404	-32,065	-17,036
4	1,00	15,000	2,000	-31,404	-32,065	-17,036
4	2,00	15,000	1,000	-31,404	-33,415	15,704
4	2,00	15,000	1,000	-31,404	-33,415	15,704
4	3,00	15,000	0,000	-31,404	-34,765	49,793

2.20 Reacciones

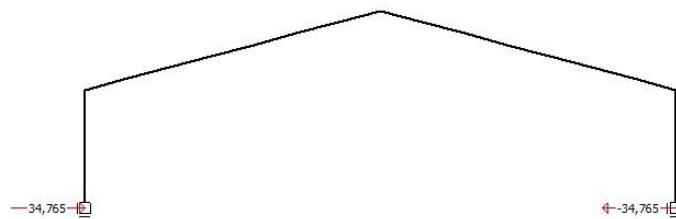


Figura 2.20.1- Reacciones horizontales

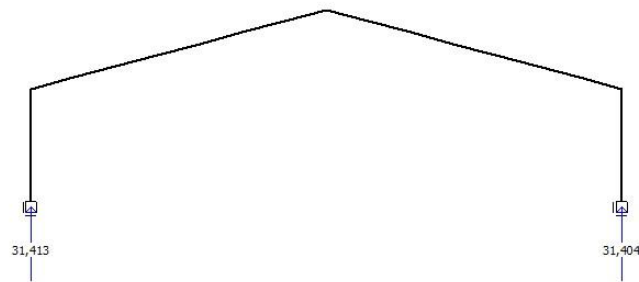


Figura 2.20.2- Reacciones verticales

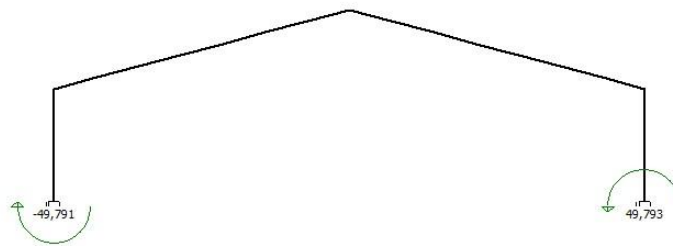


Figura 2.20.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	34,765	31,413	-49,791
2	15,00	0,000	-34,765	31,404	49,793

2.21 Desplazamientos

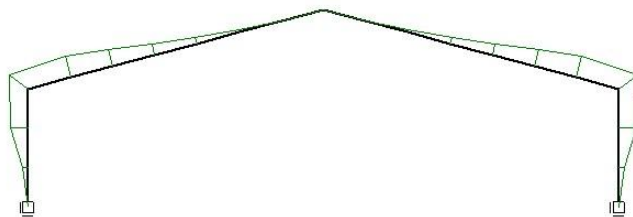


Figura 2.21.1- Desplazamientos horizontales

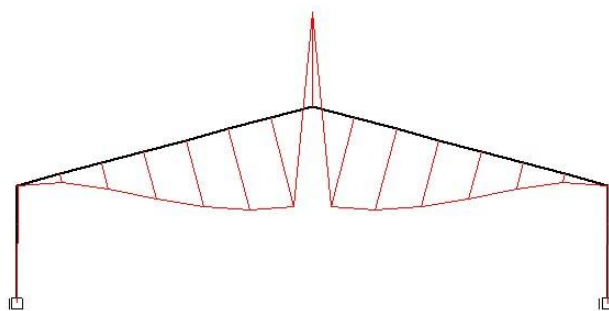


Figura 2.21.2- Desplazamientos verticales

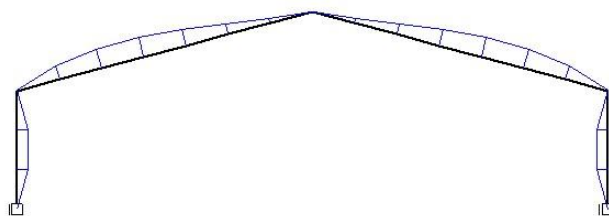


Figura 2.21.3- Giros

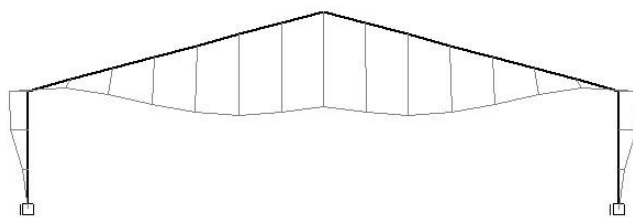


Figura 2.21.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,00	0,000	1,000	-0,812	-0,025	1,384
1	2,00	0,000	2,000	-2,295	-0,050	1,351
1	3,00	0,000	3,000	-3,060	-0,075	-0,042
2	1,11	1,071	3,286	-2,806	-1,149	-1,771
2	2,22	2,143	3,571	-2,199	-3,549	-2,553
2	3,33	3,214	3,857	-1,475	-6,374	-2,607
2	4,44	4,286	4,143	-0,811	-8,970	-2,157
2	5,54	5,357	4,429	-0,319	-10,911	-1,426
2	6,65	6,429	4,714	-0,052	-12,016	-0,632
2	7,76	7,500	5,000	0,010	-12,337	0,000
3	1,11	8,571	4,714	0,068	-12,016	0,632
3	2,22	9,643	4,429	0,333	-10,911	1,425
3	3,33	10,714	4,143	0,822	-8,971	2,157
3	4,44	11,786	3,857	1,483	-6,375	2,606
3	5,54	12,857	3,571	2,205	-3,549	2,552
3	6,65	13,929	3,286	2,809	-1,149	1,771
3	7,76	15,000	3,000	3,061	-0,075	0,042
4	1,00	15,000	2,000	2,295	-0,050	-1,351

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

4	2,00	15,000	1,000	0,812	-0,025	-1,384
4	3,00	15,000	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN V

2.22 Apoyos/Secciones

2.22.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	3,000	IPE_330_S-275	23583,91
2	7,500	2,000	IPE_330_S-275	23583,91
3	7,500	-2,000	IPE_330_S-275	23583,91
4	0,000	-3,000	IPE_330_S-275	23583,91

2.22.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	15,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

2.23 Cargas

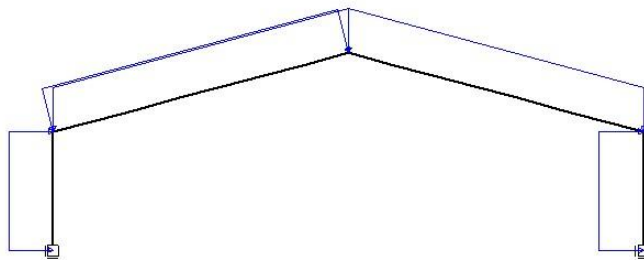


Figura 2.23.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [°]	L [m]	Global
1	1	0	q	2,3	2,3	90	3	L
2	2	0	q	1,5	1,5	-90	7,76	G
3	2	0	q	1,62	1,62	-90	7,76	G
4	2	0	q	0,6	0,6	90	7,76	L
5	3	0	q	1,5	1,5	-90	7,76	G
6	3	0	q	1,62	1,62	-90	7,76	G
7	4	0	q	1,25	1,25	-90	3	L

2.24 Esfuerzos

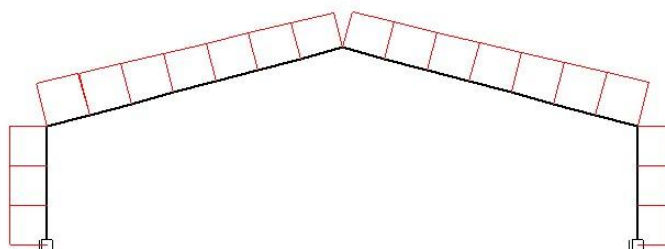


Figura 2.24.1- Esfuerzos axiales

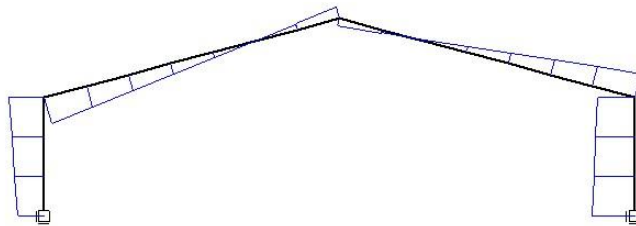


Figura 2.24.2- Esfuerzos cortante

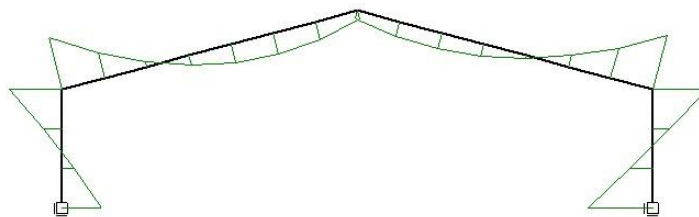


Figura 2.24.3- Momentos flectores

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	-27,393	18,986	28,849
1	1,00	0,000	1,000	-27,393	21,286	8,714
1	1,00	0,000	1,000	-27,393	21,286	8,714
1	2,00	0,000	2,000	-27,393	23,586	-13,722
1	2,00	0,000	2,000	-27,393	23,586	-13,722
1	3,00	0,000	3,000	-27,393	25,886	-38,457
1	3,00	0,000	3,000	-32,077	-19,788	-38,457
2	1,11	1,071	3,286	-31,184	-15,781	-18,743
2	1,11	1,071	3,286	-31,167	-15,815	-18,743
2	2,22	2,143	3,571	-30,274	-11,806	-3,424

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)*Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples*

2	2,22	2,143	3,571	-30,287	-11,773	-3,424
2	3,33	3,214	3,857	-29,395	-7,766	7,406
2	3,33	3,214	3,857	-29,393	-7,773	7,406
2	4,44	4,286	4,143	-28,500	-3,763	13,805
2	4,44	4,286	4,143	-28,501	-3,756	13,805
2	5,54	5,357	4,429	-27,608	0,251	15,748
2	5,54	5,357	4,429	-27,609	0,220	15,748
2	6,65	6,429	4,714	-26,716	4,229	13,281
2	6,65	6,429	4,714	-26,711	4,259	13,281
2	7,76	7,500	5,000	-25,820	8,258	6,339
2	7,76	7,500	5,000	-26,500	-5,714	6,339
3	1,11	8,571	4,714	-27,392	-2,372	10,821
3	1,11	8,571	4,714	-27,395	-2,342	10,821
3	2,22	9,643	4,429	-28,288	1,002	11,564
3	2,22	9,643	4,429	-28,289	0,970	11,564
3	3,33	10,714	4,143	-29,181	4,312	8,636
3	3,33	10,714	4,143	-29,180	4,319	8,636
3	4,44	11,786	3,857	-30,073	7,663	1,989
3	4,44	11,786	3,857	-30,075	7,656	1,989
3	5,54	12,857	3,571	-30,967	10,998	-8,350
3	5,54	12,857	3,571	-30,955	11,032	-8,350
3	6,65	13,929	3,286	-31,848	14,376	-22,442
3	6,65	13,929	3,286	-31,864	14,340	-22,442
3	7,76	15,000	3,000	-32,754	17,676	-40,190
3	7,76	15,000	3,000	-25,528	-27,085	-40,190
4	1,00	15,000	2,000	-25,528	-28,335	-12,480
4	1,00	15,000	2,000	-25,528	-28,335	-12,480
4	2,00	15,000	1,000	-25,528	-29,585	16,480

4	2,00	15,000	1,000	-25,528	-29,585	16,480
4	3,00	15,000	0,000	-25,528	-30,835	46,690

2.25 Reacciones

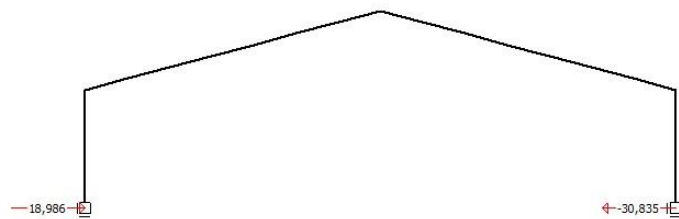


Figura 2.25.1- Reacciones horizontales

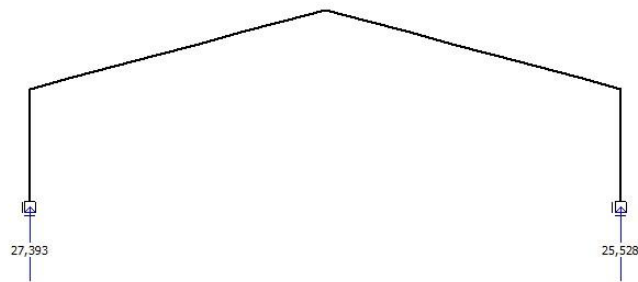


Figura 2.25.2- Reacciones verticales

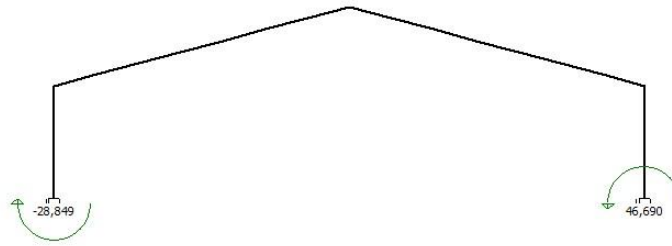


Figura 2.25.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	18,986	27,393	-28,849
2	15,00	0,000	-30,835	25,528	46,690

2.26 Desplazamientos

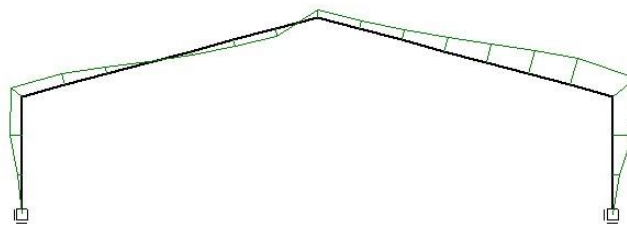


Figura 2.26.1- Desplazamientos horizontales

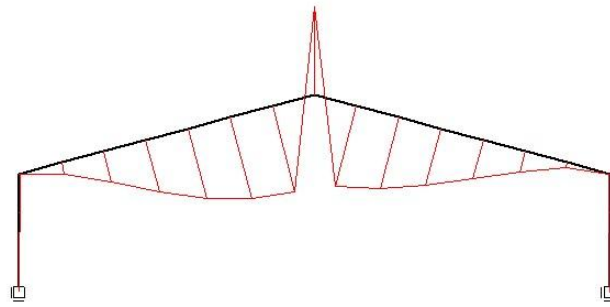


Figura 2.26.2- Desplazamientos verticales

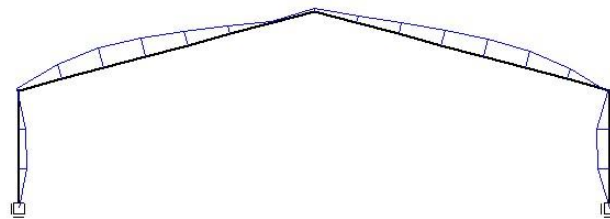


Figura 2.26.3- Giros

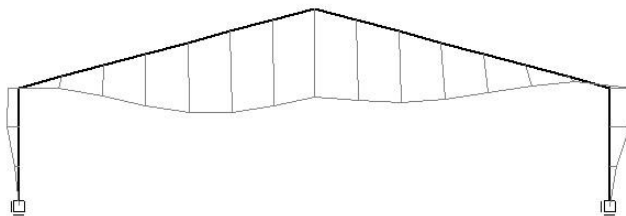


Figura 2.26.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,00	0,000	1,000	-0,473	-0,022	0,804
1	2,00	0,000	2,000	-1,308	-0,044	0,706
1	3,00	0,000	3,000	-1,553	-0,066	-0,392
2	1,11	1,071	3,286	-1,255	-1,285	-1,719

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

2	2,22	2,143	3,571	-0,702	-3,469	-2,222
2	3,33	3,214	3,857	-0,095	-5,842	-2,111
2	4,44	4,286	4,143	0,418	-7,862	-1,595
2	5,54	5,357	4,429	0,752	-9,203	-0,883
2	6,65	6,429	4,714	0,878	-9,770	-0,183
2	7,76	7,500	5,000	0,833	-9,687	0,295
3	1,11	8,571	4,714	0,948	-9,159	0,713
3	2,22	9,643	4,429	1,203	-8,101	1,254
3	3,33	10,714	4,143	1,610	-6,477	1,743
3	4,44	11,786	3,857	2,128	-4,431	2,008
3	5,54	12,857	3,571	2,667	-2,302	1,873
3	6,65	13,929	3,286	3,088	-0,609	1,163
3	7,76	15,000	3,000	3,204	-0,061	-0,294
4	1,00	15,000	2,000	2,252	-0,041	-1,415
4	2,00	15,000	1,000	0,774	-0,020	-1,335
4	3,00	15,000	0,000	0,000	0,000	0,000

COMBINACIÓN VI

2.27 Apoyos/Secciones

2.27.1 Definición sección

Fila de Barras	Inc. X [m]	Inc. Z [m]	Sección	EI [kNm ²]
1	0,000	3,000	IPE_330_S-275	23583,91
2	7,500	2,000	IPE_330_S-275	23583,91

3	7,500	-2,000	IPE_330_S-275	23583,91
4	0,000	-3,000	IPE_330_S-275	23583,91

2.27.2 Definición de condiciones de apoyo

Apoyo Nº	X [m]	Z [m]	KX [kN/m]	KZ [kN/m]	KR [kNm/rad]
1	0,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado
2	15,000	0,000	Empotrado	Empotrado	Empotrado

2.28 Cargas

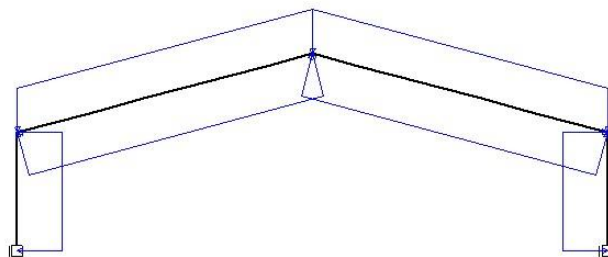


Figura 2.28.1- Distribución cargas

Carga nº	Fila de Barras	x [m]	Tipo Carga	P/M o q1/m1 [kN,m]	q2/m2 [kN,m]	Ángulo [°]	L [m]	Global
1	1	0	q	2,25	2,25	-90	3	L
2	2	0	q	1,5	1,5	-90	7,76	G
3	2	0	q	1,85	1,85	-90	7,76	L
4	3	0	q	1,5	1,5	-90	7,76	G
5	3	0	q	1,85	1,85	-90	7,76	L
6	4	0	q	2,25	2,25	-90	3	L

2.29 Esfuerzos

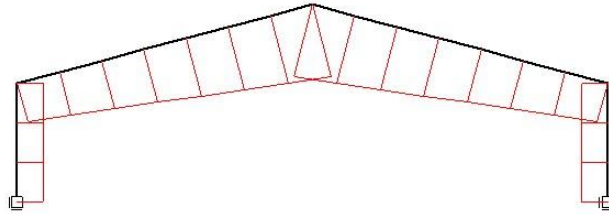


Figura 2.29.1- Esfuerzos axiales

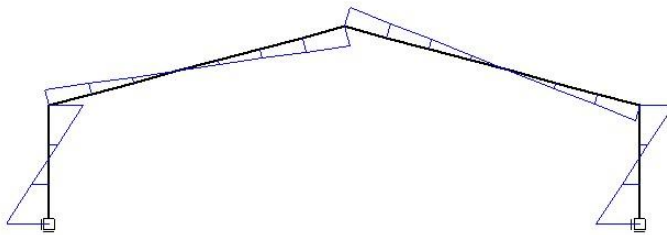


Figura 2.29.2- Esfuerzos cortante

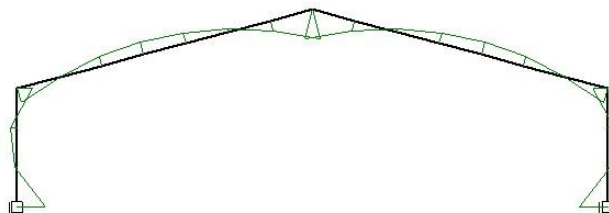


Figura 2.29.3- Momentos flectores

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
1	0,00	0,000	0,000	2,232	3,772	2,479
1	1,00	0,000	1,000	2,232	1,522	-0,168
1	1,00	0,000	1,000	2,232	1,522	-0,168
1	2,00	0,000	2,000	2,232	-0,728	-0,564
1	2,00	0,000	2,000	2,232	-0,728	-0,564
1	3,00	0,000	3,000	2,232	-2,978	1,289
1	3,00	0,000	3,000	3,453	1,388	1,289
2	1,11	1,071	3,286	3,882	0,943	-0,003
2	1,11	1,071	3,286	3,881	0,948	-0,003
2	2,22	2,143	3,571	4,311	0,503	-0,807
2	2,22	2,143	3,571	4,311	0,498	-0,807
2	3,33	3,214	3,857	4,740	0,054	-1,113
2	3,33	3,214	3,857	4,740	0,055	-1,113
2	4,44	4,286	4,143	5,170	-0,390	-0,928
2	4,44	4,286	4,143	5,169	-0,391	-0,928
2	5,54	5,357	4,429	5,598	-0,835	-0,249
2	5,54	5,357	4,429	5,599	-0,829	-0,249
2	6,65	6,429	4,714	6,029	-1,273	0,917
2	6,65	6,429	4,714	6,027	-1,280	0,917
2	7,76	7,500	5,000	6,455	-1,723	2,583
2	7,76	7,500	5,000	6,455	1,724	2,583
3	1,11	8,571	4,714	6,026	1,280	0,917
3	1,11	8,571	4,714	6,028	1,273	0,917
3	2,22	9,643	4,429	5,598	0,829	-0,248
3	2,22	9,643	4,429	5,597	0,835	-0,248
3	3,33	10,714	4,143	5,168	0,391	-0,928
3	3,33	10,714	4,143	5,169	0,389	-0,928

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples

3	4,44	11,786	3,857	4,739	-0,055	-1,113
3	4,44	11,786	3,857	4,739	-0,054	-1,113
3	5,54	12,857	3,571	4,310	-0,498	-0,807
3	5,54	12,857	3,571	4,310	-0,503	-0,807
3	6,65	13,929	3,286	3,880	-0,948	-0,002
3	6,65	13,929	3,286	3,881	-0,943	-0,002
3	7,76	15,000	3,000	3,453	-1,387	1,290
3	7,76	15,000	3,000	2,231	2,978	1,290
4	1,00	15,000	2,000	2,231	0,728	-0,563
4	1,00	15,000	2,000	2,231	0,728	-0,563
4	2,00	15,000	1,000	2,231	-1,522	-0,167
4	2,00	15,000	1,000	2,231	-1,522	-0,167
4	3,00	15,000	0,000	2,231	-3,772	2,480

2.30 Reacciones

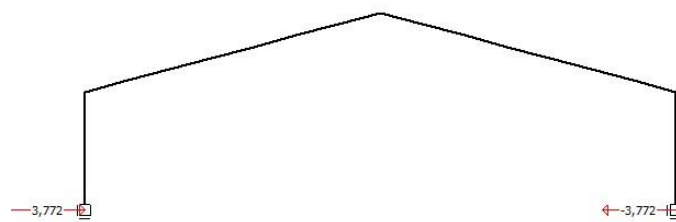


Figura 2.30.1- Reacciones horizontales

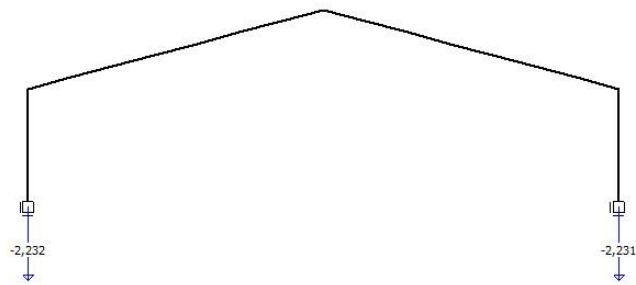


Figura 2.30.2- Reacciones verticales

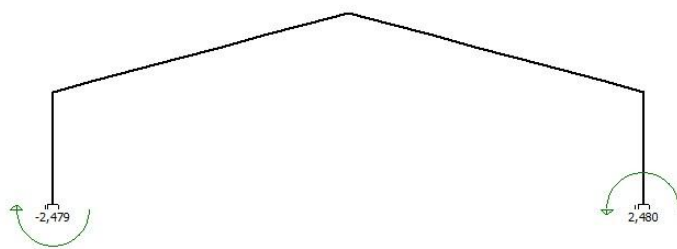


Figura 2.30.3- Momentos en apoyos

Apoyo	X [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fz [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,000	3,772	-2,232	-2,479
2	15,00	0,000	-3,772	-2,231	2,480

2.31 Desplazamientos

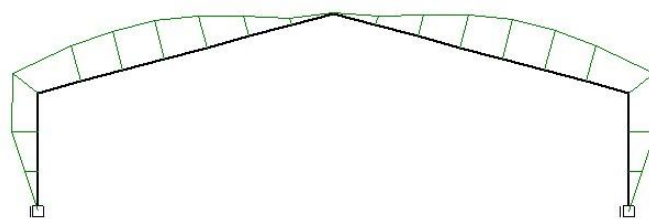


Figura 2.31.1- Desplazamientos horizontales

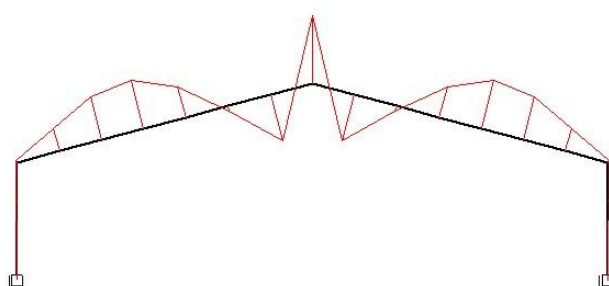


Figura 2.31.2- Desplazamientos verticales

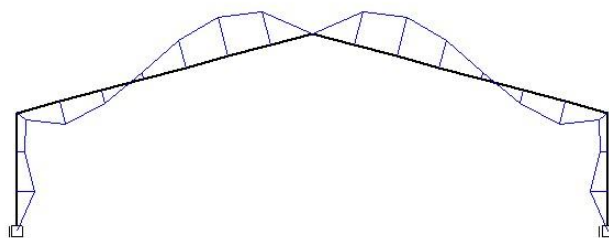


Figura 2.31.3- Giros

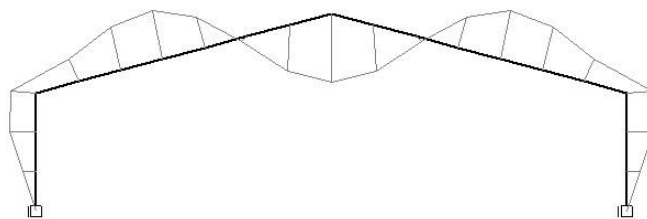


Figura 2.31.4- Deformada

Fila de Barras	xLocal [m]	XGlobal [m]	ZGlobal [m]	ux [mm]	uz [mm]	Giro [rad/1000]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,00	0,000	1,000	-0,030	0,002	0,041
1	2,00	0,000	2,000	-0,061	0,004	0,018
1	3,00	0,000	3,000	-0,075	0,005	0,025
2	1,11	1,071	3,286	-0,085	0,054	0,053
2	2,22	2,143	3,571	-0,094	0,104	0,032
2	3,33	3,214	3,857	-0,092	0,116	-0,015
2	4,44	4,286	4,143	-0,076	0,074	-0,065
2	5,54	5,357	4,429	-0,048	-0,013	-0,094
2	6,65	6,429	4,714	-0,016	-0,110	-0,080
2	7,76	7,500	5,000	0,003	-0,159	0,000
3	1,11	8,571	4,714	0,021	-0,110	0,080
3	2,22	9,643	4,429	0,052	-0,013	0,094
3	3,33	10,714	4,143	0,079	0,074	0,064
3	4,44	11,786	3,857	0,095	0,116	0,015
3	5,54	12,857	3,571	0,095	0,104	-0,033
3	6,65	13,929	3,286	0,085	0,054	-0,053
3	7,76	15,000	3,000	0,076	0,005	-0,025
4	1,00	15,000	2,000	0,061	0,004	-0,018

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)*Anejo 7. Obra civil: Edificio de usos múltiples*

4	2,00	15,000	1,000	0,030	0,002	-0,041
4	3,00	15,000	0,000	0,000	0,000	0,000



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 8. SISTEMA DE VENTILACIÓN Y BIOFILTRO

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CÁLCULO Y DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE AIREACIÓN FORZADA	2
3. RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE	9

1. INTRODUCCIÓN

La ventilación de los túneles de compostaje cumple varias funciones dentro del proceso de fermentación. Por una parte está el suministro de aire a los microorganismos, y por otra, el mantenimiento de una temperatura y humedad adecuadas para que el proceso se desarrolle de forma adecuada. Los microorganismos, al oxidar la materia orgánica, liberan calor. Para que la temperatura se mantenga estable, se inyecta aire frío y seco, que al atravesar la materia orgánica, se calienta y se satura de vapor de agua, retirando de esta manera el calor generado.

2. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AIREACIÓN FORZADA

Cálculo del volumen de aire necesario en los procesos de fermentación aerobia con aireación forzada.

En el presente apartado se calcula el volumen de aire que deben suministrar los equipos de aireación para que el proceso de fermentación se desarrolle dentro de los parámetros óptimos. Una vez determinada esta cantidad de aire, se determinará el flujo de suministro para dimensionar los equipos de ventilación de los túneles de fermentación.

Las 3 funciones que debe cumplir la aireación forzada son:

1. Suministrar el oxígeno necesario para la reacción.
2. Evacuar el exceso de calor.
3. Evacuar el exceso de humedad

La cantidad de aire suministrada debe satisfacer todas estas necesidades, por lo cual habrá que determinar cuál de ellas es la que requiere un mayor aporte de aire, para que sea esta cantidad el dato tomado como referencia para el diseño de los equipos. El flujo de aire inyectado para el requerimiento más desfavorable suplirá con creces el resto de necesidades.

- Cálculo del volumen de aire necesario para suministrar el oxígeno demandado en la reacción de fermentación aerobia.

En este punto se pretende determinar qué cantidad de oxígeno hay que aportar para poder oxidar una unidad de masa de materia orgánica degradada durante el proceso de fermentación.

Con este propósito, se expresa el proceso de fermentación de los residuos, mediante su fórmula química aproximada. Las ecuaciones estequiométricas describen los productos de entrada y salida de un proceso químico (y bioquímico) que se encuentran en equilibrio respecto a los moles de las moléculas químicas que los componen.

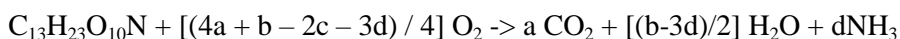
Para poder realizar el cálculo se ha recurrido al informe “*Composting: Aeration Design*”, desarrollado por el Departamento de Ingeniería Agronómica y Biosistemas, de la Universidad Estatal de Iowa, EE.UU.

La fórmula generalizada que expresa una reacción de oxidación aerobia es la siguiente:



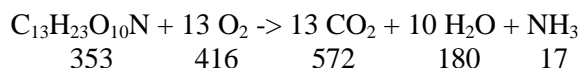
Una mezcla común de residuos presenta ingredientes que aportan carbono, junto con otros ingredientes que suministran nitrógeno, para que, mezclados en unas proporciones adecuadas, posean la relación C/N óptima (C/N = 30). Se sabe que la fórmula de la mezcla final es: $C_{13}H_{23}O_{10}N$ y que tiene un peso molecular de 353g/mol.

Por lo tanto, la ecuación de la oxidación quedaría de la siguiente manera:



Siendo: $a = 13$; $b = 23$; $c = 10$; $d=1$

Esta misma reacción expresada en términos de masa (gramos), resulta:



Según esta relación estequiométrica se puede concluir que:

- Son necesarios 416 g O_2 para degradar 353 g de mezcla de residuo seco.
- O también, son necesarias 1,178 T de O_2 para degradar 1 T de mezcla de residuo seco.

Conocida la cantidad de oxígeno necesaria para degradar 1 T de materia orgánica, se puede calcular el volumen de aire que se debe suministrar a la pila para que se degrade esa tonelada de residuo.

- Se considera que el porcentaje de O_2 en el aire es del 23 % en peso.
- La densidad del aire a 30° C (condición de entrada) es de 1,16 Kg / m³.

$$1178 \text{ kg } O_2 / (0,23 \text{ } O_2 / \text{masa de aire} \times 1,16 \text{ kg/m}^3_{(30^\circ C)}) = 4,41 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ aire}_{(30^\circ C)}$$

Por lo tanto, se concluye que para degradar (oxidar) 1 T de materia orgánica es necesario suministrar $4,41 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ de aire seco.

Cálculo del volumen de aire necesario para evacuar el exceso de calor generado.

En este apartado se calcula el volumen de aire que hay que inyectar en la pila para evacuar el exceso de calor generado en la fermentación. Como se ha comentado en puntos anteriores, cuando se alcanza una temperatura por encima de los 65°C, se corre el riesgo de eliminar las poblaciones bacterianas beneficiosas que fermentan la materia orgánica.

Se denomina “exceso” de calor, ya que todo el calor generado una vez alcanzados los 65°C, pone en peligro el correcto discurrir del proceso. En cambio, el calor producido hasta ese momento y que ha permitido aumentar la temperatura, es fundamental para eliminar elementos patógenos y así pasteurizar el compost.

El calor generado en el proceso de fermentación puede ser estimado si se conoce la cantidad de oxígeno consumido en la degradación de la materia orgánica. En una completa oxidación se liberan 14 kJ / g de O₂ consumido.

En el punto anterior se ha determinado la cantidad de oxígeno necesario en la degradación de 1 T de materia orgánica, por lo tanto, se puede determinar la cantidad de calor generado por T degradada.

$$(1,178 \text{ T de O}_2 / \text{T residuo degradado}) \times (14 \text{ kJ / g de O}_2 \text{ empleado}) = \\ = 1,649 \cdot 10^7 \text{ kJ / T de mezcla de residuo seco degradado.}$$

Para calcular la cantidad de aire necesaria para evacuar el calor producido por 1 T de residuo degradado se establecen los siguientes supuestos:

- Condiciones del aire de entrada:

- Humedad relativa: 50%
- Temperatura: 30°C
- Entalpía del aire (H.R. =50%, T^a = 30°C), h₁ = 65 kJ/Kg aire

- Condiciones del aire de salida:

- Humedad relativa: 100%
- Temperatura: 50°C
- Entalpía del aire (H.R. =100%, T^a = 50°C), h₂ = 275 kJ/Kg aire

- Incremento de entalpía = 275 kJ/Kg aire - 65 kJ/Kg aire = 210 kJ/Kg aire seco.

- La densidad del aire a 30°C (condición de entrada) es de 1,16 Kg / m³.

- Cantidad de aire requerida / cantidad de residuo degradado =

$$= (1,649 \cdot 10^7 \text{ kJ / T residuo degradado}) / (210 \text{ kJ/Kg aire seco}) = \\ = 7,85 \cdot 10^4 \text{ Kg aire seco / T residuo degradado.}$$

- Volumen de aire requerido / cantidad de residuo degradado =

$$= (7,85 \cdot 10^4 \text{ Kg aire seco / T residuo degradado}) / 1,16 \text{ Kg / m}^3 \\ = 6,76 \cdot 10^4 \text{ m}^3 \text{ aire seco / T residuo degradado.}$$

Por lo tanto, se concluye que para degradar (oxidar) 1 T de materia orgánica es necesario suministrar 6,76·10⁴ m³ de aire seco.

Cálculo del volumen de aire necesario para evacuar el exceso de humedad.

Para mantener la humedad constante, es necesario evacuar toda el agua producida por los siguientes fenómenos:

- El agua generada en la descomposición. A partir de la reacción de fermentación aerobia presentada en el primer punto se observa que se generan 180 g de H₂O por cada 353 g de residuo seco degradado. O lo que es lo mismo, se generan 509 Kg de H₂O por cada T de materia degradada seca.
- El agua correspondiente al porcentaje de materia orgánica degradada. Dado que existe parte de la materia orgánica que se ha convertido en CO₂ (gas), si se pretende mantener el porcentaje de humedad de toda la masa de compost en los niveles óptimos (50 - 60% respecto masa total), se tendrá que evacuar el agua que correspondía a esta materia degradada. Si se considera que la humedad objetivo es del 60%, entonces por cada T de materia seca degradada habrá que evacuar 1.500 Kg de H₂O.

Para calcular la cantidad de aire que debe suministrarse para evacuar toda esta agua se determinará el cambio de humedad que sufre el aire de entrada respecto de la humedad del aire de la salida (a partir de un gráfico psicométrico).

- Condiciones del aire de entrada:

- Humedad relativa: 50%
- Temperatura: 30°C
- Cantidad de agua (H.R. =50%, T^a = 30°C), C₁ = 14 g H₂O / Kg aire seco

- Condiciones del aire de salida:

- Humedad relativa: 100%
- Temperatura: 50°C
- Cantidad de agua (H.R. =100%, T^a = 50°C), C₁ = 87 g H₂O / Kg aire seco

$$\begin{aligned} \text{- Incremento de agua} &= (87 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}) - (14 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}) = \\ &= 73 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco} \end{aligned}$$

- Cantidad de aire requerida / cantidad de residuo degradado =

$$\begin{aligned} &= ((509 \text{ Kg H}_2\text{O} + 1.500 \text{ Kg H}_2\text{O}) / T \text{ de residuo}) / (73 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}) \\ &= 2,75 \cdot 10^4 \text{ Kg aire seco} / T \text{ residuo degradado.} \end{aligned}$$

- Volumen de aire requerido / cantidad de residuo degradado =

$$\begin{aligned} &= (2,75 \cdot 10^4 \text{ Kg aire seco} / T \text{ residuo degradado}) / 1,16 \text{ Kg} / \text{m}^3 \\ &= 2,37 \cdot 10^4 \text{ m}^3 \text{ aire seco} / T \text{ residuo degradado} \end{aligned}$$

Por lo tanto, se concluye que evacuar la humedad en exceso generada por 1 Tm de materia orgánica es necesario suministrar **2,37·10⁴ m³** de aire seco.

Cálculo del flujo de aire necesario.

Si comparamos los volúmenes de aire necesarios por tonelada de materia seca degradada para cada una de las funciones de la aireación forzada, vemos que la acción que más cantidad de aire necesita es la de evacuar el exceso de calor

Para cada una de las 3 funciones la cantidad de aire que se debe suministrar por T de materia seca degradada:

1. Suministrar el oxígeno necesario para la reacción:

$$4,41 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ de aire seco.}$$

2. Evacuar el exceso de calor:

$$6,76 \cdot 10^4 \text{ m}^3 \text{ aire seco}$$

3. Evacuar el exceso de humedad:

$$2,37 \cdot 10^4 \text{ m}^3 \text{ de aire seco.}$$

Por lo tanto, si aportamos un volumen de aire capaz de evacuar el exceso de calor, también estaremos cumpliendo el resto de funciones.

Cálculo del flujo de aire que hace falta suministrar por los ventiladores

Por último, queda determinar el flujo de aire que debe suministrar cada ventilador, es decir, el volumen de aire por unidad de tiempo (m^3/hora). Para ello hay que tener en cuenta la cantidad de materia biodegradable que tenemos en la pila. Para realizar el cálculo contamos con unos datos de partida:

- El contenido en humedad de la mezcla es 60 %. Por lo tanto, el % de materia seca (MS) será:

$$100-60 = 40\% \text{ MS}$$

- Los sólidos volátiles (SV) son el 93% de los sólidos totales (ST). Por lo tanto:

$$\text{SV} = 0,93 \text{ ST}$$

- Los sólidos totales biodegradables (SVB) son el 60% de los sólidos volátiles. Por lo tanto:

$$\text{SVB} = 0,6 \text{ SV}$$

- La eficacia esperada de conversión de SVB es del 95%.
- La cantidad diaria de materia orgánica que entra en cada túnel de fermentación es de 56,86 T.

A continuación se detallan los cálculos.

Masa de materia seca material de partida = masa total * %materia seca:

$$MS = 56,68 \text{ T} * 0,4 = 22,67 \text{ T MS}$$

Como la masa de sólidos volátiles es el 93% de los sólidos totales, entonces:

$$SV = 22,67 \text{ T} * 0,93 = 21,08 \text{ T SV}$$

Como la masa de sólidos totales biodegradables es el 60% de los sólidos volátiles, entonces:

$$SVB = 21,08 \text{ T} * 0,6 = 12,65 \text{ T SVB}$$

Estas son las toneladas de sólidos totales biodegradables que hay al inicio del proceso.

Sabiendo que la eficiencia de conversión de SVB es del 95%, obtendremos:

$$SVB \text{ final} = 12,65 \text{ T} * 0,95 = 12 \text{ T SVB final}$$

Por lo tanto, la cantidad de sólidos volátiles al día que se obtienen en el proceso de fermentación es de 12 toneladas.

Finalmente, se procede a calcular el flujo de aire de cada ventilador, para lo cual se tendrán en cuenta las siguientes premisas:

- Según Tchobanoglous, G., et al., (1993), la demanda de oxígeno del día de mayor actividad degradadora, es del 35 % en peso, de todo el aire requerido en un proceso de fermentación de 5 días. Es decir, el día de mayor actividad se degrada el 35 % en peso de la materia orgánica que se degrada durante todo el proceso.
- Los procesos de compostaje que se llevarán a cabo en la planta proyectada serán de dos semanas de duración, por lo que se considera que el día de mayor actividad se degradará el 20 % de la materia orgánica total que se degradará durante dos semanas.

Sabiendo esto, podemos hallar la cantidad de materia orgánica que se degrada el día de mayor actividad:

$$12 \text{ T} / \text{ día} * 0,2 = 2,4 \text{ T} / \text{ día}.$$

Volviendo al dato calculado anteriormente de las necesidades de aire seco por tonelada materia degradada, se determina el flujo de aire:

$$\begin{aligned} & (6,76 \cdot 10^4 \text{ m}^3 \text{ de aire seco} / \text{ T materia degradada}) \times 2,4 \text{ T} / \text{ día} = \\ & = 162.240 \text{ m}^3 / \text{ día más desfavorable} = 6.760 \text{ m}^3 / \text{ hora} \end{aligned}$$

Así obtenemos un flujo de aire requerido en cada túnel de fermentación de 6.760 m³ / hora.

Por lo tanto, se necesitarán 2 ventiladores con un flujo de $6.760 \text{ m}^3 / \text{hora}$ a una presión de 200 mm para cada edificio de fermentación.

El ventilador escogido tienen las siguientes especificaciones:

- Ventilador centrífugo de presión media con carcasa fabricada en chapa de acero laminado.
- Protegido contra la corrosión mediante recubrimiento en polvo de resina epoxy.
- Modelo: MB 31/12 T4
- Fabricante: Casals
- $Q_{\text{máx}}$: $6800 \text{ m}^3 / \text{hora}$
- Potencia: 4 kW



Figura 1. Ventilador similar al que se utilizará en la planta de compostaje

Con el ventilador escogido de presión media se prevé que será suficiente para ventilar las pilas teniendo en cuenta las pérdidas de carga que se producirían en la tubería, en el falso suelo del túnel, en las perforaciones de las baldosas y en el propio lecho de residuos.

Por último, solo queda determinar el diámetro de las dos tuberías que llevarán el aire hasta el canalón del falso suelo. El caudal que deberá transportar cada tubería será la mitad de la que emite el ventilador. La velocidad por la tubería será 22 m/s. Por lo tanto:

Tabla 1. Diámetro resultante de la tubería que se instalará en el sistema de ventilación

Caudal (m^3/s)	Velocidad (m/s)	$\varnothing_{\text{calc}}$ (mm)	\varnothing_{int} (mm)	\varnothing_{ext} (mm)
0,93	22	232	237,8	250

3. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

Podemos definir la biofiltración como todo proceso biológico utilizado para el control o tratamiento de compuestos volátiles orgánicos e inorgánicos presentes en una fase gaseosa, como pueden ser alcoholes, cetonas, ésteres, amoníaco, compuestos de azufre, ácidos orgánicos, etc. En la biofiltración, los microorganismos son los responsables de la degradación biológica de los contaminantes volátiles contenidos en corrientes de aire residual.

Durante el proceso, el aire contaminado pasa a través de los macroporos del material filtrante que sirve de soporte a bacterias en crecimiento. De esta manera, se produce la descomposición completa de los contaminantes, creando productos no peligrosos.

El biofiltro es el equipo elegido en la planta de compostaje para el control de olores y gases. Se utilizará un lecho orgánico en el que viven los microorganismos que absorberán y degradarán los compuestos contaminantes.

- El equipo consta un recinto rectangular construido de hormigón.
- El paso del gas que se va a filtrar se realiza de forma ascendente, entrando por la parte inferior y siendo emitidos a la atmósfera por la parte superior.
- La entrada del aire se realiza a través de un falso suelo o distribuidor, en cuya parte superior se coloca una rejilla para la distribución homogénea del gas. En este falso suelo también se coloca una arqueta para la recogida de los posibles lixiviados y desde la arqueta se lleva al tanque de lixiviados.
- Sobre la rejilla se coloca una capa de grava (aproximadamente unos 30 cm de altura), que tiene como función el reparto del gas, evitando los pasos preferenciales.
- La última capa, de aproximadamente un metro y medio de altura, está formada por los componentes activos del biofiltro, que es una mezcla de 20% de compost maduro y el 80% de cortezas de madera de chopo. La porosidad del material crea las condiciones adecuadas para proliferación de las cepas de organismos específicos que son capaces de alimentarse de las sustancias aportadas por la corriente de gases.
- El compost maduro presenta grandes ventajas a la hora de ser empleado como material filtrante. Es un compuesto con gran estabilidad por lo que su degeneración es más lenta que la sufrida por otros materiales de relleno orgánicos, presentando una mayor vida útil. Además está colonizado por microorganismos y contiene nutrientes disponibles para ser empleados como fuente de energía.

El volumen de relleno necesario del biofiltro se calcula en función de una variable de diseño, el tiempo en lecho vacío, EBRT, por sus siglas en inglés "Empty bed residence time". La fórmula de esta variable de diseño relaciona el volumen de relleno con el caudal de gas.

$$EBRT = \frac{V_{relleno}}{Qg}$$

El intervalo de referencia entre el que ha de encontrarse el tiempo de residencia total es entre 30 y 60 segundos para los procesos de tratamiento de aguas residuales y para los procesos de compostaje (Devinny et al, 1.999, Etcharen, 2005). Se elige el valor más bajo, puesto que supone la obtención de un volumen inferior y, por tanto, un menor coste de inversión.

Se aplica un factor de seguridad del 50% para la elección del EBRT:

- $EBRT_{min} = 30s$
- Factor de seguridad 50%;
- $0,5 * EBRT_{min} = 15s$

$$EBRT_{diseño} = EBRT_{min} + 0,5 * EBRT_{min} = 45s.$$

A partir del valor de EBRT y del caudal del gas que se debe tratar, calculamos el volumen de relleno necesario.

Caudal de gas formado durante la fermentación en un túnel: $6.800 \text{ m}^3/\text{h}$.

- Número de túneles de fermentación: 4.
- Caudal total de gas que debe depurar el biofiltro: $27.200 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$V_{relleno} = EBRT * Qg = 27.200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 0,0125h = 340 \text{ m}^3$$

El valor resultante es 340 m^3 . Se le debe aplicar un sobredimensionamiento del 20%, obteniendo un volumen final de 408 m^3 .

A partir del volumen calculado y fijando la altura del lecho recomendada de 1,5 metros y una longitud de 21 metros para que sea similar a las naves de fermentación, se determina la anchura del biofiltro. Finalmente, las dimensiones serán:

$$V_{relleno} = 408 \text{ m}^3 = H * M * N = 1,5\text{m} * 13\text{m} * 21\text{m}$$

La Agencia de Medioambiente de Inglaterra recomienda un caudal de tratamiento de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ por cada m^2 de biofiltro. La superficie del biofiltro de la planta de compostaje tiene una superficie de 276 m^2 . Si tiene que tratar $27.200 \text{ m}^3/\text{h}$ de gases contaminantes, se obtiene un caudal de $98,55 \text{ m}^3/\text{h}$ por cada m^2 de biofiltro, por lo que se concluye que las dimensiones del biofiltro son adecuadas.

El biofiltro se compondrá de un 20% compost maduro y un 80% de cortezas de madera. Partiendo del dato de volumen de 374 m^3 y conocida la densidad del material filtrante, 400 kg/ m^3 (Garrido A.M., 2015), se sabe que se necesita una cantidad de material filtrante de 163,2 T. Finalmente, se obtienen las siguientes cantidades de cada componente:

- 33.640 kg de compost.
- 130.560 kg de cortezas de madera.

El biofiltro irá colocado en el sitio más próximo al lugar donde se debe realizar la depuración del aire, es decir, entre los dos edificios en los que se produce la fermentación.

Extracción de gases en los túneles.

En el espacio cerrado del túnel es necesario mantener una presión ligeramente negativa, para evitar la salida de los gases al exterior, por lo que es necesaria una renovación del aire continua. En cada túnel hay una tubería de extracción, en la que se instala una válvula antirretorno y un “dámper” de control del caudal. Las tuberías de los 4 túneles se unen y confluyen en la aspiración del ventilador de extracción que desemboca en el biofiltro. La velocidad por estas tuberías es de 22 m/s.

Al ventilador de extracción le llega una tubería que transporta los gases de salida de los 4 túneles de fermentación, es decir, caudal de $27.200 \text{ m}^3/\text{h}$.

El ventilador extractor escogido del catálogo tiene las siguientes especificaciones:

- Modelo: BSTR 30/14.
- Fabricante: Casals
- Caudal en el punto de servicio: $27.200 \text{ m}^3/\text{h}$
- Presión en el punto de servicio: 2060 Pa.
- Potencia: 11.000 kW

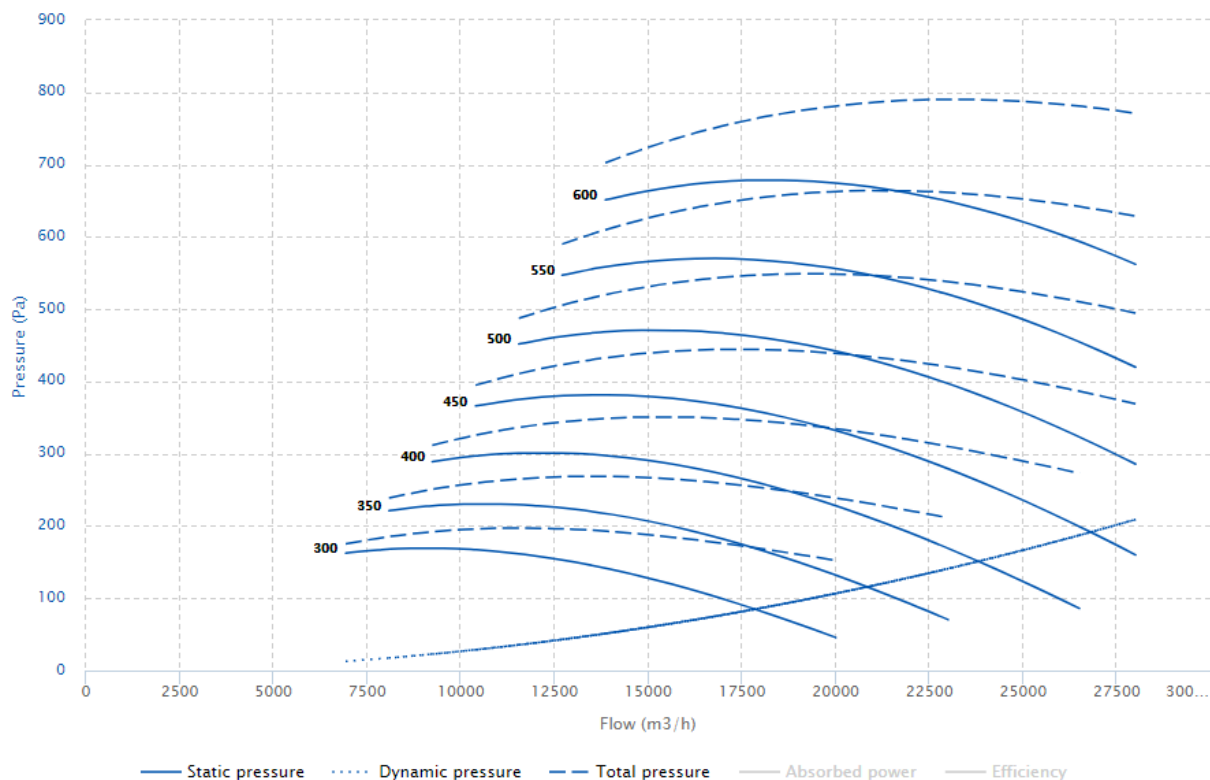


Figura 2. Curva característica del ventilador que se instalará en la planta de compostaje

Con el ventilador escogido se prevé que será suficiente para poder extraer el aire y llevarlo al biofiltro, teniendo en cuenta las pérdidas de carga que se producirían en las tuberías, al atravesar el biofiltro y para generar una presión negativa en el túnel.

Por último, solo queda determinar el diámetro de las tuberías del sistema de extracción de gases. Los cálculos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Diámetro resultante de la tubería que se instalará en el sistema de ventilación

Tramo	Caudal (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Øcalc (mm)	Øint (mm)	Øext (mm)
1-3	1,9	22	331	380,4	400
2-3	1,9	22	331	380,4	400
4-6	1,9	22	331	380,4	400
5-6	1,9	22	331	380,4	400
3-7	3,78	22	467,72	487,9	500
6-7	3,78	22	467,72	487,9	500
7-8	7,56	22	661,46	686,1	700



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 9. SISTEMA DE RIEGO

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

INDICE

1. RIEGO DE LAS PILAS EN LOS EDIFICIOS DE FERMENTACIÓN	1
1.1. Cálculo de las necesidades de los túneles de fermentación.....	1
1.2. Descripción del sistema de riego.....	2
2. RIEGO DEL BIOFILTRO	10
2.1. Introducción.....	23
2.2. Cálculo de las necesidades del biofiltro	11
2.3. Descripción del sistema de riego del biofiltro	14
3. DIMENSIONADO DE LA RED DE RIEGO	21
4. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA	23

1. RIEGO DE LAS PILAS EN LOS EDIFICIOS DE FERMENTACIÓN

1.1. Cálculo de las necesidades de los túneles de fermentación

Para calcular la cantidad de agua que es necesario suministrar a las pilas, hay que conocer las pérdidas que se producen para compensarlas mediante el riego.

En primer lugar, se calcula el agua de entrada y de salida mediante una carta psicrométrica, estableciendo unas condiciones específicas del gas de entrada y salida. Estos parámetros se calcularon en el Anejo de Ventilación.

- Condiciones del aire de entrada:
 - Humedad relativa: 50%
 - Temperatura: 30°C
 - Cantidad de agua (H.R. = 50%, $T^a = 30^\circ\text{C}$), $C_1 = 14 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}$
- Condiciones del aire de salida:
 - Humedad relativa: 100%
 - Temperatura: 50°C
 - Cantidad de agua (H.R. = 100%, $T^a = 50^\circ\text{C}$), $C_1 = 87 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}$

La cantidad de agua necesaria se determina mediante un balance de masas:

$$\text{Agua de riego} = \text{Agua salida} - \text{Agua entrada}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua de riego} &= (87 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}) - (14 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}) = \\ &= 73 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco} = 0,073 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco} \end{aligned}$$

Esos 0,073 kg de $\text{H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}$ equivalen a 5.724,37 kg de H_2O que habrá presentes en los $6,76 \cdot 10^4 \text{ m}^3$ de aire que emite cada ventilador ($6,76 \cdot 10^4 \text{ m}^3 * 1,16 \text{ kg} / \text{m}^3$ (densidad del aire a 30°C)). Los 5.724,37 kg de H_2O nos dan un caudal de $5,7 \text{ m}^3$ de H_2O que habría que suministrar al día.

Los primeros días de fermentación la evaporación es algo mayor, así que se tomará el dato de 7 m^3 de H_2O para realizar los cálculos. El tiempo de rociado al día va a ser aproximadamente de 30 minutos, con lo que se obtienen un caudal de 233,33 l/min.

1.2. Descripción del sistema de riego

El sistema de rociado está ubicado en la parte superior del túnel y consta de dos tuberías provistas de boquillas que pulverizan homogéneamente el agua en el túnel para mantener constante la humedad. Una válvula situada en la entrada de cada túnel permite o no el paso del agua, que viene impulsada por una bomba común a todos los túneles y al biofiltro.

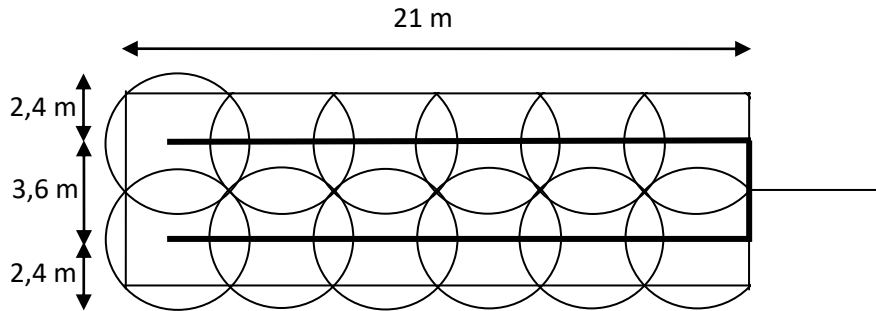


Figura 1. Vista en planta del sistema de rociado del túnel

La distribución de tuberías y boquillas será como muestra la Figura 1. Lo que se pretende conseguir es cubrir toda la superficie del túnel con el agua. Cada tubería contará con 6 boquillas y cada boquilla cubrirá un área de 4,8 metros con un solapamiento de un cuarto de círculo.

Si se quiere cubrir toda la superficie del lado corto del túnel, los 6 metros, debe sobrar a los lados un cuarto de círculo, por lo tanto el área que tienen que cubrir las boquillas es de 8,4 metros. Esto se consigue con unas boquillas que logren rociar círculos de 4,8 metros de diámetro:

$$4,8/4 \text{ (cada cuarto de círculo)} = 1,2 \text{ metros}$$

$$1,2 \text{ metros} * 7 \text{ cuartos de círculo que se forman} = 8,4 \text{ metros}$$

En el lado largo, de 21 metros, también debe sobrar un cuarto de círculo a cada lado para que el túnel quede cubierto completamente. Con estas boquillas se conseguiría una longitud mojada de 30 metros:

$$4,8/4 \text{ cuarto de círculo} = 1,2 \text{ metros}$$

$$1,2 \text{ metros} * 19 \text{ cuarto de círculo que se forman} = 22,8 \text{ metros}$$

Una vez calculado el número de boquillas, se procede a elegir el tipo de boquilla que se va a utilizar. Para escogerlas, hay que tener en cuenta el caudal, el ángulo de aspersión y la presión de trabajo de cada boquilla:

- Caudal de cada boquilla:

$$(7 \text{ m}^3/\text{día}) / 12 \text{ boquillas} = 0,58 \text{ m}^3/\text{día}$$
$$(0,67 \text{ m}^3/\text{día}) * (1 \text{ día} / 30 \text{ min}) * (1000 \text{ l} / 1 \text{ m}^3) = 19,44 \text{ l/min}$$

- Ángulo de aspersión:

Las boquillas se encuentran a 1,4 m de los residuos y tienen una cobertura de 4,8 m, entonces tienen que rociar con un ángulo de 120°.

- Presión de trabajo:

Determinada según la boquilla seleccionada. En este caso: 1,5 bar.

Las características del tipo boquilla seleccionada son:

- Tipo: Boquilla de aspersión de cono lleno de ángulo ancho QLGA-W. Rosca: 1/2"
- Fabricante: FullJet
- Caudal: 19,5 l/min
- Ángulo de aspersión: 120°
- Presión de trabajo: 1,5 bar



Figura 2. Boquilla que se instalará en el sistema de riego de las pilas de compostaje.

Conocido el caudal, se puede hallar el diámetro de la tubería necesario para hacer llegar ese caudal hasta las boquillas.

Para un riego por aspersión y con tuberías de PVC en régimen turbulento liso (régimen típico producido en estas condiciones) se utiliza la fórmula de Veronesse-Datei:

$$J(\%) = \frac{0,092 * Q^{1,8}}{D^{4,8}}$$

El único término que hay que calcular de esa ecuación es J, que representa las pérdidas de carga en la tubería producidas por fricción.

A lo largo de un ramal de aspersores, las pérdidas de carga producidas a medida que se avanza en la tubería se determinan mediante la siguiente expresión:

$$h \geq 0,20 * \frac{Pa}{\gamma}$$

donde:

$\frac{Pa}{\gamma}$ representa los metros de columna de agua correspondientes (presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura sobre la gravedad terrestre). En este caso, como la presión son 4 bares, su valor será de 15 m.c.a. (1 m.c.a. = 10 bar).

Por lo tanto:

$$h \geq 0,20 * 15 \text{ m.c.a.} = 3 \text{ metros}$$

A partir de esas pérdidas de carga en el ramal, se determinan las pérdidas de carga por fricción mediante la fórmula de Christiansen:

$$hf = \frac{h}{a * F}$$

donde:

a: es un coeficiente que vale 1,1 en estas condiciones

F: es el factor de Christiansen que se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 1. Coeficientes de Christiansen

n	l _o = 1					n	l _o = 1/2				
	β=1,75	β=1,80	β=1,85	β=1,90	β=2,00		β=1,75	β=1,80	β=1,85	β=1,90	β=2,00
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,338	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,366	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-
n = Número de salidas						En la práctica se toma los siguientes valores de β :					
β=1,75 Blasius, Cruciani-Margaritora						β=1,75 para tuberías de PE					
β=1,786 Scimemi						β=1,80 para tubería de PVC					
β=1,80 Iso, Veronese-Datei						β=1,85-1,90 para tubería de aluminio					
β=1,85 Hazen-Williams											
β=1,90 Scobey											
β=2,00 Manning, Darcy-Weisbach											

Utilizando la primera tabla (ya que la primera derivación está a una distancia del comienzo de la tubería igual a la equidistancia de las derivaciones), seleccionamos la columna para el riego por aspersión calculado con la fórmula de Veronese-Datei y la fila que corresponde con el número de aspersores que es de 6.

Por lo tanto:

$$hf = \frac{3}{1,1 * 0,445} = 6,13 \text{ m}$$

Por último se determina el valor de J , presente en la fórmula de Veronesse-Datei mediante otra expresión:

$$J = \frac{hf}{L}$$

siendo L la longitud del ramal, es decir, 19,3 metros:

$$J = \frac{6,13 \text{ m}}{19,8 \text{ m}} = 31 \%$$

$L = 21$ metros de túnel - 1,2 metros (un cuarto de círculo)

Calculadas las pérdidas de carga por unidad de longitud, se lleva el valor a la fórmula inicial y se determina el diámetro de la tubería:

$$J(\%) = \frac{0,092 * \left(6 * 3,25 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1,8}}{D^{4,8}} = 31 \%$$

$$D = \sqrt[4,8]{\frac{0,092 * \left(1,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1,8}}{31 \%}} = 0,074 \text{ m} = 74 \text{ mm}$$

($Q = 19,5 \text{ L/min} = 3,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$)

Según la tabla de diámetros normalizados para tuberías de PVC de la UNE 53.114. El diámetro interior mayor a 74 mm más próximo es de 76,6 mm. Su denominación es DN 83.

Se vuelven a hacer los cálculos nuevamente con ese valor de diámetro.

$$J(\%) = \frac{0,092 * \left(1,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1,8}}{(0,0766)^{4,8}} = 26 \%$$

$$hf = J * L = 0,26 * 19,8 \text{ m} = 5,22 \text{ m}$$

$$h = hf * a * F = 5,22 \text{ m} * 1,1 * 0,422 = 2,4 \text{ m} < 3 \text{ metros}$$

Para conocer las condiciones de diseño, se debe determinar la presión y el caudal al final del ramal:

$$\frac{Po}{Y} = \frac{Pa}{Y} + \frac{3h}{4} = 15 + \frac{3 * 2,4}{4} = 16,8 \text{ metros}$$

$$\frac{Pn}{Y} = \frac{Pa}{Y} - \frac{h}{4} = 15 - \frac{2,4}{4} = 14,4 \text{ metros}$$

$$q = k \sqrt{\frac{P}{Y}} \rightarrow 6,84 = k \sqrt{15} \rightarrow k = 1,77$$

$$q_n = k \sqrt{\frac{P}{Y}} = 1,77 \sqrt{14,4} = 6,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_o = k \sqrt{\frac{P}{Y}} = 1,77 \sqrt{16,8} = 7,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$(Q = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 6,84 \text{ m}^3/\text{h})$$

A continuación se debe hacer el cálculo de la tubería que debe alimentar a las dos tuberías de cada túnel. Para determinar el caudal se suman los caudales de las tuberías secundarias:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_1 = 4 * [(6 * 3,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})] = 7,78 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

El cálculo de la tubería se hace como si fuese un ramal con cuatro aspersores.

- La presión en el ramal será la presión final de la tubería: 16,8 metros.
- La longitud será la distancia entre el primer y último ramal: 15 metros (17,4 metros el edificio completo - 2 cuartos de círculo: 17,4 - 2,1 - 2,1 = 15 metros)

$$h \geq 0,20 * \frac{Pa}{\gamma} = 0,20 * 16,8 = 3,36 \text{ metros}$$

Se calcula la F con la tabla usada anteriormente, pero en este caso, suponiendo 4 aspersores:

$$hf = \frac{3,36}{1,1 * 0,491} = 6,22 \text{ m}$$

$$J = \frac{hf}{L} = \frac{6,22 \text{ m}}{15 \text{ m}} = 41 \%$$

Calculadas las pérdidas de carga por unidad de longitud, se lleva el valor a la fórmula inicial y se determina el diámetro de la tubería:

$$J(\%) = \frac{0,092 * \left(7,78 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s}\right)^{1,8}}{D^{4,8}} = 41 \%$$

$$D = \sqrt[4,8]{\frac{0,092 * (7,78 \cdot 10^{-3})^{1,8}}{41 \%}} = 0,119 \text{ m} = 119 \text{ mm}$$

Según la tabla de diámetros normalizados para tuberías de PVC de la UNE 53.112. El diámetro interior mayor a 119 mm más próximo es de 120 mm. Su denominación es DN 125.

Se vuelven a hacer los cálculos nuevamente con ese valor de diámetro.

$$J(\%) = \frac{0,092 * \left(7,8 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s}\right)^{1,8}}{(0,120)^{4,8}} = 39 \%$$

$$hf = J * L = 0,39 * 15 \text{ m} = 5,85 \text{ m}$$

$$h = hf * a * F = 5,85 \text{ m} * 1,1 * 0,491 = 3,16 \text{ m} < 3,36 \text{ metros}$$

Para conocer las condiciones de diseño, se debe determinar la presión y el caudal al final del ramal:

$$\frac{Po}{Y} = \frac{Pa}{Y} + \frac{3h}{4} = 16,8 + \frac{3 * 3,16}{4} = 19,17 \text{ metros}$$

$$\frac{Pn}{Y} = \frac{Pa}{Y} - \frac{h}{4} = 16,8 - \frac{3,16}{4} = 16,01 \text{ metros}$$

$$q = k \sqrt{\frac{P}{Y}} \rightarrow 28 = k \sqrt{16,8} \rightarrow k = 6,81$$

$$q_n = k \sqrt{\frac{P}{Y}} = 6,81 \sqrt{16,01} = 27,25 \text{ m}^3/h$$

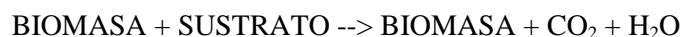
$$q_o = k \sqrt{\frac{P}{Y}} = 6,81 \sqrt{19,17} = 29,82 \text{ m}^3/h$$

$$(Q = 7,78 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 28 \text{ m}^3/h)$$

2. RIEGO DEL BIOFILTRO

2.1. Introducción

La reacción bioquímica que tiene lugar en el proceso de biofiltración es la siguiente, donde el contaminante presente en el gas sería el sustrato (Cárdenas et al. 2003):



La comunidad microbiana encargada de la degradación del contaminante contenido en el gas, es la misma que se encarga de la degradación de los residuos. Para favorecer el mantenimiento y proliferación de las bacterias y hongos que la forman, han de controlarse de manera exhaustiva todos los parámetros que puedan influir en sus actividades metabólicas: temperatura del medio, pH, humedad y disponibilidad de nutrientes.

Para mantener estas variables en un rango de valores óptimos será necesario el riego periódico del lecho con líquido recogido en la balsa de lixiviados, a fin de cubrir las necesidades de los microorganismos.

El líquido consiste en una solución que contiene todos los componentes y nutrientes necesarios para que los microorganismos desarrollen su óptima actividad. Además realiza la función principal de humedecer el material filtrante, manteniendo unas condiciones adecuadas para el proceso de lavado de gases.

El contenido en humedad que ha de poseer el material filtrante ha de situarse entre un 40 % y un 60 % (Warren et al 1997, citado por Etcharen 2005, Cárdenas 2003, Devinny et al., 1999). Un exceso del contenido en humedad del material filtrante, genera la aparición de zonas de saturación que favorecerán la anaerobiosis, aumentarán las pérdidas de carga del gas y el aumento del tiempo de residencia del mismo en el material filtrante. Además, puede generar un lixiviado que lave los nutrientes necesarios para las reacciones microbianas, o incluso que genere un lavado de los propios gases a degradar. Un déficit de humedad en el biofiltro ocasiona una disminución de la biopelícula necesaria para la degradación del contaminante por parte de los microorganismos. Ha de recordarse que, para que la degradación del contaminante por parte de los microorganismos sea llevada a cabo, las sustancias que se van a degradar han de ser solubilizadas en agua junto con el oxígeno necesario. De no ser así, los microorganismos encargados de la oxidación no pueden “atacar” a los contaminantes. Otra de las consecuencias generadas por un contenido en humedad bajo, es la disminución del tiempo de residencia del gas dentro del material de relleno. Al disminuir la humedad del lecho, los microorganismos consumen parte de la energía destinada a su crecimiento en succionar agua de la superficie del lecho, lo que limita su metabolismo y por lo tanto la eliminación del contaminante (Devinny et al., 1999).

Los microorganismos presentes en el biofiltro responsables de la degradación son de tipo mesófilo, que se desarrollan dentro de un rango de temperaturas que va desde los 15 hasta los 41°C. Se considera además que, dentro de ese rango, temperaturas que superen los 24 – 25°C son las más óptimas para el desarrollo de las reacciones de degradación, al ser las más convenientes para el desarrollo de estos microorganismos.

La temperatura del gas que se trata no debe superar los 40°C. Tampoco ha de ser inferior a los 10°C, lo que provocaría una reducción de la actividad microbiana. Varios autores fijan el nivel óptimo de temperatura del gas de entrada entre los 20 y 37°C. La humedad relativa de la corriente de gas entrante ha de superar el 99 % (Pagans, 2007, Saña 2010). En cuanto a las condiciones de salida, la humedad también debe estar próxima a la neutralidad.

2.2. Cálculo de las necesidades del biofiltro

Aporte de humedad inicial

Previamente a la puesta en circulación de la corriente de aire a través del material de relleno se ha de aportar humedad al medio filtrante para que éste alcance los niveles de humedad requeridos. Este nivel de humedad deberá ser mantenido mediante riegos en superficie. Para el cálculo de la cantidad de agua necesaria para alcanzar la humedad inicial se emplea la siguiente ecuación (Etcharen, 2005):

$$A_{RI} = V_{js} * \rho_{lecho} * \% \text{ hum}$$

donde:

A_{RI} : agua necesaria para el riego inicial

V_{js} : volumen del lecho (408 m³)

ρ_{lecho} : densidad del medio del relleno del lecho (400kg/m³)

% hum: humedad que tiene que tener el lecho (50 %)

$$A_{RI} = 408 \text{ m}^3 * 400\text{kg/m}^3 * 50\% = 81.600 \text{ kg de agua}$$

Esos kilogramos de agua equivalen a 81,6 m³ de agua.

Cálculo de nueva frecuencia de riego

El sistema de riego del biofiltro cumple dos objetivos:

- Complementar el aporte de humedad necesario para el correcto desarrollo de las reacciones de degradación de los contaminantes. Se hará necesario el control de la humedad del material hasta que se alcance un contenido mínimo de humedad del 40%.
- Realizar un lavado periódico del perfil del material filtrante arrastrando hacia el lixiviado del biofiltro los metabolitos que pudieran aparecer durante la degradación de sustancias olorosas.

Conociendo el rango de temperaturas típico del aire de entrada, se han valorado los datos de otros autores, considerando unas condiciones bastante desfavorables. En este caso, para determinar la temperatura de salida, se ha recurrido al estudio de un biofiltro de una EDAR de unas características similares, desarrollado por Arana Á. en 2010 y se han extrapolado los datos a nuestras condiciones:

- Condiciones del aire de entrada:
 - Humedad relativa: 100%
 - Temperatura: 35°C
 - Cantidad de agua (H.R. = 100%, $T^a = 35^\circ\text{C}$), $C_1 = 36,5 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}$
- Condiciones del aire de salida:
 - Humedad relativa: 100%
 - Temperatura: 12°C
 - Cantidad de agua (H.R. = 100%, $T^a = 12^\circ\text{C}$), $C_1 = 88 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}$

La cantidad de agua necesaria se determina mediante un balance de masas:

$$\text{Agua de riego} = \text{Agua salida} - \text{Agua entrada}$$

$$\begin{aligned}\text{Agua de riego} &= (88 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}) - (36,5 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}) = \\ &= 51,5 \text{ g H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco} = 0,0515 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco}\end{aligned}$$

En este caso, se calcula la densidad del aire mediante la ecuación de los gases ideales:

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{P}{R * T} * PM$$

donde:

ρ : densidad del aire (Kg/m^3)

P : presión (atm), se considera $P = 1 \text{ atm}$.

R : constante de gas ideal $0,082 \text{ (atm} \cdot \text{l/g} \cdot \text{mol} \cdot \text{K)}$

T : temperatura (K)

$P.M.$: peso molecular del aire (29 g/g mol)

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{1 \text{ atm}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l/g} \cdot \text{mol} \cdot \text{K} * 308,15\text{K}} * 29 \frac{\text{g}}{\text{g} \cdot \text{mol}} = 1,15 \text{ kg/m}^3$$

Conocida la densidad del aire a esa temperatura y el aire que debe depurar el biofiltro, los $6,76 \cdot 10^4 \text{ m}^3$, se obtienen los kg de aire equivalentes:

$$6,76 \cdot 10^4 \text{ m}^3 * 1,16 \text{ kg} / \text{m}^3 = 78.416 \text{ kg de aire}$$

Por último, multiplicando ese valor por los kg de agua necesarios, se obtienen los kg de agua que hay que suministrar:

$$78.416 \text{ kg de aire} * 0,0515 \text{ kg de H}_2\text{O} / \text{Kg aire seco} = 4.038,42 \text{ kg de H}_2\text{O}$$

Esos kg de agua equivalen a $4,04 \text{ m}^3$ de H_2O que habría que suministrar al día. El aporte se distribuirá en 4 riegos diarios con una duración de 5 minutos cada día (9:00, 14:00, 17:00, 00:00 horas). La dosis de cada riego por lo tanto será de $1,01 \text{ m}^3$. Como su duración es de 5 minutos, el caudal será de $0,202 \text{ m}^3/\text{min}$, lo que equivale a 202 l/min .

El sistema de riego se calculará en base a los riegos periódicos que hay que realizar sobre el biofiltro. Por eso, para determinar el tiempo necesario para el riego inicial ($81,6 \text{ m}^3$ de agua), se toma el caudal de $0,202 \text{ m}^3/\text{min}$. Según esto, el tiempo que hay que debe estar ese primer riego funcionando será de 404 minutos, es decir 6,7 horas.

2.3. Descripción del sistema de riego del biofiltro

Para el aporte de la humedad necesaria para el correcto funcionamiento del biofiltro se ha optado por un sistema de riego por aspersión. El sistema de riego está compuesto por cuatro filas de aspersores dispuestos a lo largo del biofiltro. Como el largo del biofiltro es igual al de los túneles de fermentación, se utilizará la misma distribución, pero poniendo dos filas más.

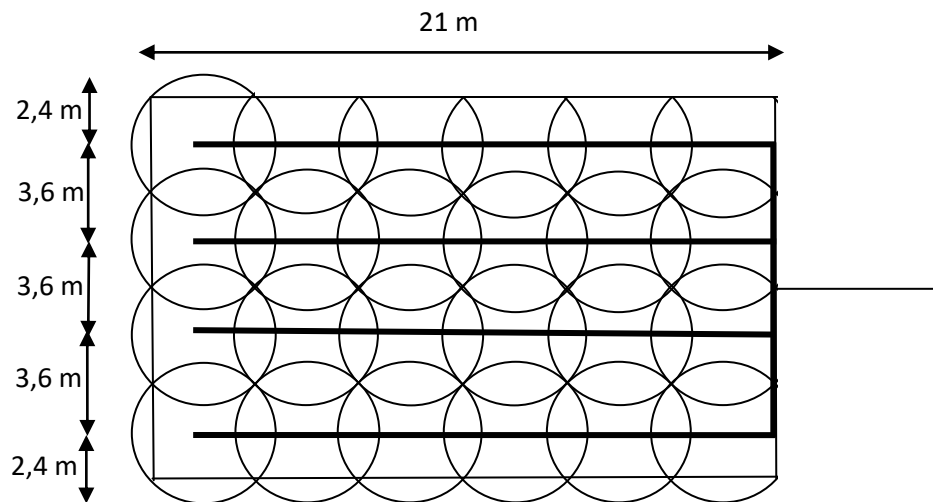


Figura 3. Vista en planta del sistema de rociado del biofiltro.

La metodología que hay que seguir en el cálculo del sistema de distribución del riego del biofiltro es el mismo que en el caso de los túneles de fermentación, pero con las dimensiones correspondientes. Los círculos que describa cada boquilla serán también de 4,8 metros, colocando un total de 6 para que puedan abarcar por completo el área total del biofiltro. Así en el lado corto regarán una longitud de 15,6 metros y en el largo de 22,8 metros, sin que quede ningún hueco del túnel sin regar.

- Caudal de cada boquilla:

$$(202 \text{ l/min}) / 24 \text{ boquillas} = 8,42 \text{ l/min}$$

- Ángulo de aspersión:

Las boquillas se encuentran a 1,4 m del lecho y tienen una cobertura de 4,8 m, entonces tienen que rociar con un ángulo de 120°.

- Presión de trabajo:

Determinada según la boquilla seleccionada. En este caso: 2 bar.

Las características del tipo boquilla seleccionada son:

- Tipo: Boquilla de aspersión de cono lleno de ángulo ancho TH-W. Rosca: 1/4"
- Fabricante: FullJet
- Caudal: 8,6 l/min
- Ángulo de aspersión: 120°
- Presión de trabajo: 2 bar



Figura 4. Boquilla que se instalará en el sistema de riego del biofiltro.

Conocido el caudal, se puede hallar el diámetro de la tubería necesario para hacer llegar ese caudal hasta las boquillas.

Nuevamente, se debe utilizar la fórmula de Veronesse-Datei:

$$J(\%) = \frac{0,092 * Q^{1,8}}{D^{4,8}}$$

A lo largo de un ramal de aspersores, las pérdidas de carga producidas a medida que se avanza en la tubería se determinan mediante la siguiente expresión:

$$h \geq 0,20 * \frac{Pa}{\gamma}$$

donde:

$\frac{Pa}{\gamma}$ representa los metros de columna de agua correspondientes. En este caso, como la presión son 2 bares, su valor será de 20 m.c.a.

Por lo tanto:

$$h \geq 0,20 * 20 \text{ m.c.a.} = 4 \text{ metros}$$

A partir de esas pérdidas de carga en el ramal, se determinan las pérdidas de carga por fricción mediante la fórmula de Christiansen:

$$hf = \frac{h}{a * F}$$

donde:

a: es un coeficiente que vale 1,1 en estas condiciones

F: es el factor de Christiansen que se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 2. Coeficientes de Christiansen

n	l _o = 1					n	l _o = 1/2				
	β=1,75	β=1,80	β=1,85	β=1,90	β=2,00		β=1,75	β=1,80	β=1,85	β=1,90	β=2,00
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,356	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-
n = Número de salidas						En la práctica se toma los siguientes valores de β :					
β=1,75 Blasius, Cruciani-Margaritora						β=1,75 para tuberías de PE					
β=1,786 Scimemi						β=1,80 para tubería de PVC					
β=1,80 Iso, Veronese-Daite						β=1,85-1,90 para tubería de aluminio					
β=1,85 Hazen-Williams											
β=1,90 Scobey											
β=2,00 Manning, Darcy-Weisbach											

Utilizando la primera tabla, ya que la primera derivación está a una distancia del comienzo de la tubería igual a la equidistancia de las derivaciones, seleccionamos la columna para el riego por aspersión calculado con la fórmula de Veronesse-Datei y la fila que corresponde con el número de aspersores que es de 6.

Por lo tanto:

$$hf = \frac{4}{1,1 * 0,445} = 8,17 \text{ m}$$

Por último se determina de J, presente en la fórmula de Veronesse-Datei mediante otra expresión:

$$J = \frac{hf}{L}$$

siendo L la longitud del ramal, es decir, 19,8 metros:

$$J = \frac{8,17 \text{ m}}{19,8 \text{ m}} = 41 \%$$

Calculadas las pérdidas de carga por unidad de longitud, se lleva el valor a la fórmula inicial y se determina el diámetro de la tubería:

$$J(\%) = \frac{0,092 * \left(6 * 1,43 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1,8}}{D^{4,8}} = 41 \%$$

$$D = \sqrt[4,8]{\frac{0,092 * (8,6 \cdot 10^{-4})^{1,8}}{41 \%}} = 0,052 \text{ m} = 52 \text{ mm}$$

$$(Q = 8,6 \text{ L/min} = 1,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})$$

Según la tabla de diámetros normalizados para tuberías de PVC, el diámetro interior mayor más próximo es de 79,4 mm. Su denominación es DN 83.

Se vuelven a hacer los cálculos con ese valor de diámetro.

$$J(\%) = \frac{0,092 * \left(8,6 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s}\right)^{1,8}}{(0,0794)^{4,8}} = 5,3 \%$$

$$hf = J * L = 0,053 * 19,8 m = 1,05 m$$

$$h = hf * a * F = 1,05 m * 1,1 * 0,445 = 0,5 m < 4 metros$$

Para conocer las condiciones de diseño, se puede determinar la presión al principio y al final del ramal:

$$\frac{Po}{Y} = \frac{Pa}{Y} + \frac{3h}{4} = 20 + \frac{3 * 0,5}{4} = 20,37 metros$$

$$\frac{Pn}{Y} = \frac{Pa}{Y} - \frac{h}{4} = 20 - \frac{0,5}{4} = 19,87 metros$$

$$q = k \sqrt{\frac{P}{Y}} \rightarrow 3,1 = k \sqrt{20} \rightarrow k = 0,7$$

$$q_n = k \sqrt{\frac{P}{Y}} = 0,7 \sqrt{19,87} = 3,12 m^3/h$$

$$q_o = k \sqrt{\frac{P}{Y}} = 0,7 \sqrt{20,37} = 3,16 m^3/h$$

$$(Q = 8,6 \cdot 10^{-4} m^3/s = 3,1 m^3/h)$$

A continuación se debe hacer el cálculo de la tubería que debe alimentar a las cuatro tuberías del biofiltro. Para determinar el caudal se suman los caudales de las tuberías secundarias:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_1 = 4 * [(6 * 1,43 \cdot 10^{-4} m^3/s)] = 3,4 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

El cálculo de la tubería se hace como si fuese un ramal con cuatro aspersores.

- La presión en el ramal será la presión final de la tubería: 20,37 metros
- La longitud será la distancia entre el primer y último ramal: 10,7 metros

$$h \leq 0,20 * \frac{Pa}{\gamma} = 0,20 * 20,37 = 4,07 \text{ metros}$$

Se calcula la F con la tabla usada anteriormente, pero en este caso, suponiendo 4 aspersores:

$$hf = \frac{4,07}{1,1 * 0,491} = 7,53 \text{ m}$$

$$J = \frac{hf}{L} = \frac{7,53 \text{ m}}{10,7 \text{ m}} = 70 \%$$

Calculadas las pérdidas de carga por unidad de longitud, se lleva el valor a la fórmula inicial y se determina el diámetro de la tubería:

$$J(\%) = \frac{0,092 * \left(3,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1,8}}{D^{4,8}} = 70 \%$$

$$D = \sqrt[4,8]{\frac{0,092 * (3,4 \cdot 10^{-3})^{1,8}}{70 \%}} = 0,078 \text{ m} = 78 \text{ mm}$$

Según la tabla de diámetros normalizados para tuberías de PVC de la UNE 53.112, el diámetro interior mayor a 78 mm más próximo es de 79,4 mm. Su denominación es DN 83.

Se vuelven a hacer los cálculos nuevamente con ese valor de diámetro.

$$J(\%) = \frac{0,092 * \left(3,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1,8}}{(0,0794)^{4,8}} = 63 \%$$

$$hf = J * L = 0,63 * 10,7 \text{ m} = 6,7 \text{ m}$$

$$h = hf * a * F = 6,7 \text{ m} * 1,1 * 0,491 = 3,62 \text{ m} < 4,07 \text{ metros}$$

Para conocer las condiciones de diseño, se debe determinar la presión y el caudal al final del ramal:

$$\frac{Po}{Y} = \frac{Pa}{Y} + \frac{3h}{4} = 20,37 + \frac{3 * 3,62}{4} = 23,08 \text{ metros}$$

$$\frac{Pn}{Y} = \frac{Pa}{Y} - \frac{h}{4} = 20,37 - \frac{3,62}{4} = 19,46 \text{ metros}$$

$$q = k \sqrt{\frac{P}{Y}} \rightarrow 12,24 = k \sqrt{20,37} \rightarrow k = 2,7$$

$$q_n = k \sqrt{\frac{P}{Y}} = 2,7 \sqrt{19,46} = 12 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_o = k \sqrt{\frac{P}{Y}} = 2,7 \sqrt{23,08} = 13 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$(Q = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 12,24 \text{ m}^3/\text{h})$$

3. DIMENSIONADO DE LA RED DE RIEGO

El dimensionado de la red de riego se realiza a partir del dimensionado de cada tramo, y para ello, se parte del circuito considerado como más desfavorable, que es aquel que cuenta con la mayor pérdida de presión.

El punto más desfavorable será la primera boquilla de la primera tubería del túnel de fermentación más alejado de la bomba. Las características de ese tramo serán las que se tendrán en cuenta a la hora de determinar la potencia que debe suministrar la bomba para que le llegue la presión suficiente a ese punto desfavorable.

En primer lugar, se calcula el diámetro de cada tramo mediante la ecuación de continuidad: $Q = S * V$, suponiendo una velocidad para el cálculo de 1 m/s en las tuberías de PVC.

La tabla siguiente resume los cálculos realizados para cada tramo considerado, obteniéndose los diámetros nominales seleccionados en base a los criterios de dimensionado mencionados.

Tabla 3. Resultados del cálculo de los diferentes diámetros de la red de riego.

Tramo	Q (m ³ /s)	Ø int. calculado (mm)	DN (mm)	Ø interior (mm)
1-5	7,78· 10 ⁻³	99,53	110	105,6
2-3	3,4· 10 ⁻³	65,8	83	79,4
4-5	7,78· 10 ⁻³	99,53	110	105,6
5-bomba	15,56· 10 ⁻³	140,75	160	153,6

Cálculo de las pérdidas de presión

A continuación se determinan las pérdidas de carga de cada tramo, mediante la fórmula de Veronese para tuberías de PVC (Q en l/h, D en mm y L en m).

$$h_r = \frac{0,00092 * v^{0,25}}{D^{4,80}} * L * Q^{1,80}$$

Para cada tramo determinado se deben sumar las pérdidas de carga anteriores a dicho tramo que se han calculado previamente, procedentes del biofiltro y de los túneles de fermentación. Se tendrá en cuenta que el riego de los túneles y el biofiltro nunca se da a la vez, por lo que se realizará el dimensionado en función la situación más desfavorable, es decir, cuando se produzca el riego en las dos naves de fermentación en el mismo momento.

Tabla 4. Resultados del cálculo de las pérdidas de carga en los diferentes tramos de la red de riego.

Tramo	L (m)	Q (m³/s)	Ø int. (mm)	v(m/s)	hr (m.c.a.)	hr anteriores (m.c.a.)	hr total (m.c.a.)
1-5	40,1	7,78· 10 ⁻³	105,6	0,88	0,27	19,17	19,44
2-3	5	3,4· 10 ⁻³	79,4	0,68	0,028	23,08	23,1
4-5	4,5	7,78· 10 ⁻³	105,6	0,88	0,031	19,17	19,2
5-bomba	30,877	15,56· 10 ⁻³	153,6	0,84	0,12	19,17+ 19,17	38,34

4. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

Por último se determinará la potencia de la bomba necesaria para impulsar el caudal desde la balsa de lixiviados hasta las boquillas. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$P = \frac{\gamma * Q * Hb}{75 * \eta}$$

donde:

η : es el rendimiento de la bomba. Su valor es del 80%.

Hb : son las pérdidas de carga debidas a la fricción y a las singularidades.

Las pérdidas de carga por fricción son las calculadas anteriormente. Las pérdidas de carga por singularidades (codos, válvulas, la propia impulsión...) se suelen considerar como un 10% de las pérdidas por fricción en sistemas de pequeña dimensión como éste, ya que suponen una parte muy pequeña de las pérdidas de carga totales.

Q : es el caudal en m^3/s .

γ : es el peso específico del agua. Su valor es $1000 \text{ kg} / m^3$.

$$P = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{m^3} * 15,56 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s} * 38,34 + 3,834 \text{ metros}}{75 * 0,8} = 10,94 \text{ c. v.}$$

La potencia de la bomba que se debe instalar es de $10,94 \text{ c.v.} = 8,05 \text{ kW}$

La bomba elegida tendrá las siguientes características:

- Electrobomba centrífuga modelo: M065-200 B
- Fabricante: Hasa
- Caudal: $60 \text{ m}^3/\text{h}$
- Potencia: 11 kW
- Altura manométrica: $49,3 \text{ m}$



Figura 3. Bomba similar a la que se instalará en la planta de compostaje

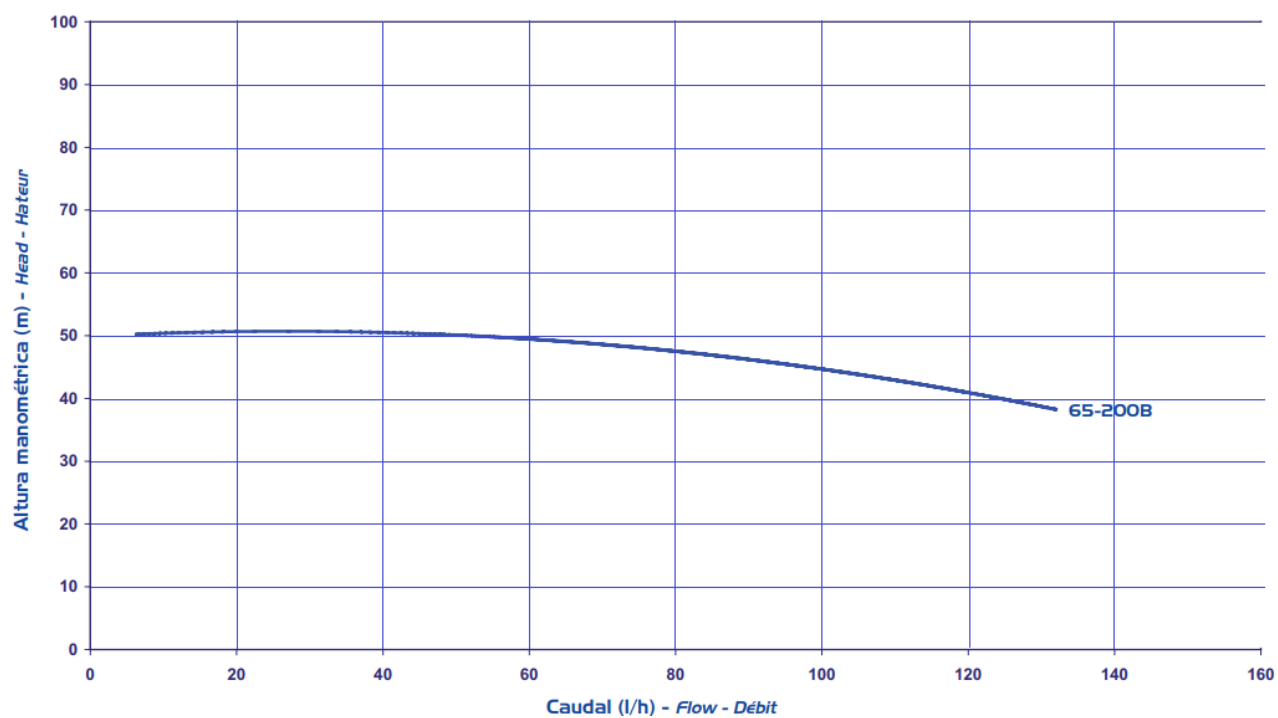


Figura 4. Curva característica de la bomba (Caudal-Altura manométrica).



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 10. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. RED DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA.....	2
2.1. Descripción de la red.....	2
2.2. Dimensionamiento de la red.....	3
2.3. Dimensionamiento de colectores.....	4
2.4. Comprobación de la presión.....	6
3. RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE	8
3.1. Descripción de la red.....	8
3.2. Condiciones mínimas de suministro.....	8
3.3. Dimensionado de la red.....	9
3.4. Comprobación de la presión.....	10
3.5. Dimensionado del calentador eléctrico	11

1. INTRODUCCIÓN

Se diferenciarán una red de abastecimiento de agua fría, y una red de distribución de agua caliente sanitaria (A.C.S.), cuyo esquema se ajusta a un sistema de producción individual a partir de la red de agua fría.

La instalación de agua corriente comienza en la acometida que hay a la entrada de la parcela, que garantiza una presión de 35 m.c.a., aproximadamente $3,5 \text{ Kg/cm}^2$, y se prolonga, mediante una conducción enterrada de polietileno 6 atm, hasta el laboratorio, donde se colocará el armario del contador general. El calibre del contador general será de 50 mm, ya que el conducto de acometida es de PE DN 50. Además, se dispondrán llaves de paso o de corte en las derivaciones principales de la red, a la entrada y salida del calentador acumulador y en las derivaciones a los aparatos sanitarios, con el objetivo de facilitar las posibles reparaciones en caso de avería.

Se deben tener en cuenta también las siguientes consideraciones:

- La red de distribución se situará por encima de la de saneamiento y separadas, al menos, 50 cm.
- Las conducciones de agua caliente se situarán a distancia mayor de 4 cm de las de agua fría y siempre por encima de éstas.
- La red de fontanería se dispondrá a una distancia mayor de 30 cm de toda conducción o cuadro eléctrico.

El dimensionado de la instalación se va a llevar a cabo en base al Código Técnico de la Edificación DB-HS 4 (Salubridad - Suministro de agua).

2. RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA

2.1. Descripción de la red.

La red de distribución de agua fría dotará de agua a los distintos aparatos sanitarios, lavabos y duchas, a los grifos del laboratorio y un grifo destinado al llenado de la balsa de lixiviados. Además, se dispondrá de otro grifo exterior situado en uno de los edificios de fermentación donde se colocará una manguera para la limpieza de las instalaciones. El material de las conducciones será PE-X (polietileno reticulado) 5 atm, también utilizado para la red de agua caliente sanitaria.

En el plano de fontanería se representa el trazado de las líneas de distribución, indicándose la ubicación de las distintas tomas de agua.

2.2. Condiciones mínimas de suministro.

Se calcula en base a la tabla 2.1. del DB-HS 4. Las tablas 1 y 2 resumen los distintos puntos de consumo de las dos líneas, así como los caudales instantáneos mínimos de cada aparato:

Tabla 1. Suministro de la línea 1

Dependencia	Punto de consumo	Q unitario (l/s)	Q total (l/s)
Laboratorio	3 fregaderos	0,2	0,5
Aseos femeninos	1 inodoro	0,1	0,1
	1 lavabo	0,1	0,1
	1 ducha	0,2	0,4
Aseos masculinos	1 inodoro	0,1	0,1
	1 lavabo	0,1	0,1
	1 ducha	0,2	0,4
	1 retrete	0,1	0,1
Aseos taller	1 lavabo	0,1	0,1
	1 inodoro	0,1	0,1
Almacén taller	1 grifo	0,2	0,2
Zona de recepción	1 grifo	0,2	0,2
Balsa de lixiviados	1 grifo	0,2	0,2
Total	15 puntos de consumo		2,5

2.3. Dimensionado de la red.

Según el DB-HS 4, el dimensionado de la red se realiza a partir del dimensionado de cada tramo, y para ello se parte del circuito considerado como más desfavorable, que es aquel que cuenta con la mayor pérdida de presión debida tanto al rozamiento como a su altura geométrica.

El dimensionado de cada uno de los tramos se hace de acuerdo al procedimiento siguiente:

- a) El caudal máximo de cada tramo ($Q_{\text{máx}}$) es igual a la suma de los caudales instantáneos de los puntos de consumo alimentados por el mismo.
- b) Se establecen los coeficientes de simultaneidad para cada tramo de acuerdo a un criterio adecuado. En este caso se toma $K = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$, donde K representa el coeficiente de simultaneidad y n el número de aparatos instalados.
- c) Se determina el caudal de cálculo en cada tramo ($Q_{\text{cálculo}}$) como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.
- d) Se escoge la velocidad de cálculo comprendida dentro de los intervalos siguientes:
 - Tuberías metálicas: entre 0,50 y 2,00 m/s.
 - Tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,50 y 3,50 m/s.

En nuestro caso, las conducciones se hacen mediante tuberías de polietileno y se escoge una velocidad de cálculo de 1 m/s.
- e) Se obtiene el diámetro correspondiente de cada tramo en función de la ecuación de continuidad ($Q = \text{Sección} \cdot \text{Velocidad}$). Se selecciona el diámetro comercial inmediatamente superior al calculado, teniendo en cuenta que para las tuberías de polietileno el diámetro nominal (DN) es el exterior de la tubería.

La tabla 3 resume los cálculos realizados para cada tramo considerado, obteniéndose los diámetros nominales seleccionados en base a los criterios de dimensionado mencionados.

Tabla 2. Diámetros de la línea de agua fría

Tramo	Q (l/s)	K	$Q_{\text{cálculo}}$ (l/s)	Ø int. calculado (mm)	DN (mm)	Ø int (mm)
Acometida	5,9	0,258	1,52	44	50	40,8
1-2	2,6	0,267	0,69	30	32	26,0
2-3	2,1	0,301	0,63	28	32	26,0
3-4	0,8	0,5	0,4	23	25	20,4
4-5	0,4	1	0,4	23	25	20,4

Los diámetros de las derivaciones individuales a los aparatos sanitarios y a otros puntos de consumo se especifican en la siguiente tabla, teniendo en cuenta los diámetros mínimos que se establecen en el DB-HS 4. En el plano de fontanería aparecen referenciadas todas estas derivaciones.

Tabla 3. Diámetros de las derivaciones de la línea de agua fría.

Aparato	DN (mm)
Fregadero	20
Inodoros	12
Retrete	12
Lavabos	12
Duchas	12
Grifos	12

2.4. Comprobación de la presión.

Según DB HS 4 se debe comprobar que la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable es superior a 10 m.c.a. y que en todos los puntos de consumo no se supera el valor máximo permitido de 50 m.c.a., de acuerdo con lo siguiente:

a) Se determina la pérdida de presión del circuito sumando las pérdidas carga totales de cada tramo. Las pérdidas de carga totales (ΔH) se calculan como suma de las pérdidas de carga por rozamiento continuo (h_r) y las debidas a elementos singulares (h_s):

Donde:

$$\Delta H = h_r + h_s$$

$$h_r = 0,592 * \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} * L$$

Fórmula de Cruciani para tuberías de PE; Q en l/h , D en mm y L en m .

$$h_s = 0,2 * h_r$$

b) Comprobación de la suficiencia de presión disponible en el punto más desfavorable. En caso de que la presión disponible en el punto de consumo fuera inferior a la presión mínima exigida, sería necesaria la instalación de un grupo de presión.

En la Tabla 6 aparecen las pérdidas de carga de cada tramo, correspondientes a las líneas de distribución de agua fría.

Tabla 4. Pérdidas de carga de la línea de agua fría

Tramo	L (m)	Q_{cálculo} (l/s)	V (m/s)	Ø int. (mm)	DN (mm)	h_r (m.c.a.)	h_s (m.c.a.)	ΔH (m.c.a.)
Acometida	38,9	1,52	1,16	40,8	50	1,81	0,362	1,792
1-2	9,8	0,69	1,3	26	32	1,01	0,202	0,964
2-3	10,6	0,63	1,19	26	32	0,93	0,186	0,889
3-4	22,5	0,4	0,89	24	32	1,27	0,254	1,246
4-5	138	0,4	1,22	20,4	25	16,54	3,308	19,848

La pérdida de carga total desde la acometida hasta el final de la línea 1 suma un total de 24,739 m.c.a. De manera que, considerando que la presión en la acometida es de 35 m.c.a., el valor que toma la presión al final de la línea es de 10,261 m.c.a. Así pues, no se sobrepasa el mínimo de presión admisible en el punto más desfavorable de la línea.

3. RED DE DISTRIBUCIÓN DE GUA CALIENTE

3.1. Descripción de la red.

El suministro de A.C.S. será preciso en los vestuarios del edificio de usos múltiples y en el laboratorio. El calentamiento de agua se realizará a través de un calentador acumulador de 200 litros de capacidad ubicado en el laboratorio, mientras que el material de las conducciones será PE-X (polietileno reticulado) 5 atm.

En el plano de fontanería se representa el trazado de los distintos tramos que conforman la red de distribución de A.C.S., indicándose la ubicación de los puntos de servicio.

3.2. Condiciones mínimas de suministro.

Al igual que para la red de agua fría, se utiliza en este apartado la tabla 2.1. del DB-HS 4. La siguiente tabla resume los distintos puntos de consumo de la línea de agua caliente, así como los caudales instantáneos mínimos de cada aparato:

Tabla 5. Suministro de línea de A.C.S.

Dependencia	Punto de consumo	Q unitario	Q (l/s)
Laboratorio	3 fregaderos	0,2	0,6
Vestuario femenino	1 lavabo	0,065	0,065
	1 ducha	0,1	0,1
Vestuario masculino	1 lavabo	0,065	0,065
	1 ducha	0,1	0,1
Total línea 1	7 puntos de consumo		0,93

3.3. Dimensionado de la red.

En la Tabla 9 se resumen los cálculos realizados para cada tramo considerado, obteniéndose los diámetros nominales seleccionados en base a los mismos criterios de dimensionado mencionados en el apartado correspondiente a la red de agua fría.

Tabla 6. Diámetros de la línea de A.C.S

Tramo	Q (l/s)	K	Q_{cálculo} (l/s)	Ø int. calculado (mm)	DN (mm)	Ø int (mm)
1-2	0,93	0,408	0,38	22	32	26,0
2-3	0,33	0,577	0,19	15,6	25	20,4

Los diámetros de las derivaciones individuales a los aparatos sanitarios que requieren agua caliente se especifican en la Tabla 10, teniendo en cuenta los diámetros mínimos que se establecen en el DB-HS 4. En el plano de fontanería aparecen referenciadas todas estas derivaciones.

Tabla 7. Diámetros de las derivaciones de la línea de agua caliente.

Aparato	DN (mm)
Fregadero	20
Lavabos	12
Duchas	12

3.4. Comprobación de la presión.

Al igual que para el dimensionado de los tramos, la comprobación de la presión disponible en el punto más desfavorable, se hace siguiendo el mismo procedimiento que para la red de distribución de agua fría. En este caso, según DB HS 4 se debe comprobar que la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable sea superior a 15 m.c.a.

En la Tabla 11 aparecen las pérdidas de carga de cada tramo correspondiente a la red de distribución de agua caliente sanitaria:

Tabla 8. Pérdidas de carga en la línea de A.C.S

Tramo	L (m)	Q _{cálculo} (l/s)	V (m/s)	Ø int. (mm)	DN (mm)	h _r (m.c.a.)	h _s (m.c.a.)	ΔH (m.c.a.)
1-2	4,7	0,38	0,72	26	32	0,16	0,032	0,192
2-3	7,8	0,19	0,58	20,4	25	0,73	0,15	0,25

La pérdida de carga total desde la acometida hasta el final de la línea de A.C.S. es igual a 0,442 m.c.a. De manera que, considerando que la presión en la acometida es de 35 m.c.a, el valor que toma la presión al final de la línea de A.C.S. es de 34,56 m.c.a.

Así pues, no se sobrepasa el mínimo de presión admisible en el punto más desfavorable de la línea.

3.5. Dimensionado del calentador eléctrico.

Se colocará un calentador eléctrico para la producción de A.C.S. en la zona del laboratorio, que abastecerá a todos los aparatos sanitarios instalados que lo requieran.

La determinación del volumen de acumulación del termo o calentador se realiza mediante la siguiente expresión:

$$T_s * V_s = T_a * V_a + (V_s - V_a) * T_f$$

Donde:

Ts: Temperatura de servicio (35°C)

Vs: Volumen de servicio (l)

Ta: Temperatura de acumulación (50°C)

Va: Volumen de acumulación (l)

Tf: Temperatura de agua fría (15°C)

A partir de la Tabla 12 se obtiene el volumen de servicio, que permitirá calcular el volumen del termo a instalar.

Tabla 9. Cálculo del volumen del calentador.

Dependencia	Puntos de consumo	Q (l/s)	Duración (s)	Volumen (l)
Laboratorio	3 fregaderos	0,6	100	60
Vestuario femenino	1 lavabo	0,065	100	6,5
	1 ducha	0,1	300	30
Vestuario masculino	1 lavabo	0,065	100	6,5
	1 ducha	0,1	300	30

Se obtiene un volumen total de servicio de 133 litros, que mediante la aplicación de la fórmula nos da un volumen de acumulación de 76 litros. Se instalará un calentador de 150 litros de capacidad, capaz de abastecer a todos los puntos de consumo que requieren agua caliente.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 11. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES	2
2.1. Dimensionamiento de canalones	2
2.2. Dimensionamiento de las bajantes	5
2.3. Dimensionamiento de colectores.....	7
2.4. Diseño de la red horizontal.....	8
2.4.1. Arquetas.....	19
3. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES DE PROCESO	22
3.1. Dimensionado de la balsa de lixiviados	23
4. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS LIMPIEZA	25
5. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS FECALES	27

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta instalación de saneamiento es la evacuación de las aguas pluviales, fecales e industriales de limpieza y de proceso.

El sistema de evacuación es separativo y se desarrollará en función de la posible utilidad de estas aguas en el proceso de compostaje:

- Las aguas pluviales y de proceso se consideran aguas limpias que serán recogidas y almacenadas en la balsa de lixiviados y, posteriormente, transportadas a los túneles de fermentación y al biofiltro mediante el sistema de riego.
- Las aguas fecales y de proceso son ambas contaminantes. Serán gestionadas de diferente forma. Las fecales verterán a la red de alcantarillado del polígono, mientras que las del proceso serán gestionadas por una empresa especializada en depuración de este tipo de residuos.

Las normas seguidas para el dimensionado de las redes de saneamiento son la NTE-ISS y la NTE-ISA.

Las pendientes mínimas establecidas serán las fijadas en los planos.

2. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

El sistema de saneamiento de pluviales está diseñado para:

- evacuar el agua de lluvia recogida en las cubiertas
- drenar las zonas pavimentadas exteriores

La recogida y evacuación de las aguas pluviales de la cubierta se hará por medio de canalones, bajantes, colectores y arquetas de diferentes tipos según su función (sumidero, sifónica, a pie de bajante, de paso). El resto de las aguas pluviales se eliminarán a través de las distintas arquetas sumidero dispuestas en la planta industrial, las cuales recogerán las aguas de las zonas no edificadas, ya que las soleras de las mismas se construirán de forma que conduzcan el agua hacia ellas.

Se tendrá en cuenta a la hora de realizar estos cálculos las superficies de las cubiertas y la pendiente de las mismas.

En el edificio de usos múltiples, las cubiertas tienen una superficie de 225 m² y una pendiente de 14,93° (26,67 %). En las naves de fermentación y en el almacén, las cubiertas tienen una superficie de 401,94 m² y una pendiente de 9,78° (17,24 %).

2.1. Dimensionamiento de canalones

Los canalones que se colocarán en la cubierta serán de PVC, de sección semicircular, con material aislante en las juntas para evitar pérdidas.

Para obtener el diámetro de los canalones de evacuación de aguas pluviales hay que tener en cuenta la superficie de la cubierta que va a evacuar en el tramo de estudio y la zona pluviométrica de la parcela.

Cuando se habla de superficie de cubierta en este apartado, se tendrá en cuenta que ésta es la proyección horizontal de la superficie real de cubierta.

Para un régimen con una intensidad pluviométrica diferente a 100 mm/h debe aplicarse un factor f de corrección a la superficie servida tal que:



Figura 1. Mapa de isoyetas de España (CTE-HS5). En el círculo rojo se encuentra la zona objeto del proyecto.

Tabla 1. Valores de intensidad pluviométrica según la isoyeta correspondiente.

Isoyeta	Intensidad Pluviométrica i (mm/h)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

Autol se encuentra en la zona A, isoyeta 40, por lo que le corresponde una intensidad pluviométrica, i , de 90 mm/h. Su factor de corrección se calcula de la siguiente manera:

$$f = i / 100 = 125 / 100$$

$$f = 1,25$$

Teniendo en cuenta la disposición de dos bajantes por faldón, la proyección horizontal de la cubierta que vierte en un mismo tramo, para cada tipo de edificio, es igual a:

$$\text{Edificio de usos múltiples: } 15 * 15 = 225 \text{ m}^2; 225 / 2 = 112,5 \text{ m}^2.$$

$$\text{Naves de fermentación y taller: } 23,1 * 17,4 = 401,94 \text{ m}^2; 401,94 / 2 = 200,97 \text{ m}^2.$$

En base a esto, se considera que la superficie de influencia de cada tramo de canalón para cada tipo de edificio es:

Edificio de usos múltiples: $112,5 \text{ m}^2 * 1,25 = 140,625 \text{ m}^2$.

Naves de fermentación y taller: $200,97 \text{ m}^2 * 1,25 = 251,21 \text{ m}^2$.

En el edificio de usos múltiples se dispondrán 4 canalones, dos por faldón, de forma que cada canalón recoja el agua de una superficie de cubierta correspondiente a $70,31 \text{ m}^2$.

En las naves de fermentación y en el taller se dispondrán 4 canalones, dos por faldón, de forma que cada canalón recoja el agua de una superficie de cubierta correspondiente a $125,605 \text{ m}^2$.

Finalmente, con estos valores y sus correspondientes pendientes, se determina el diámetro nominal del canalón mediante la tabla 2 (4.7. del CTE).

Tabla 2. Valores de diámetro nominal del canalón según la máxima superficie de cubierta y la pendiente.

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Según esto, en el edificio de usos múltiples se instalarán canalones con un diámetro de 125 mm. En las naves de fermentación y en el taller se instalarán canalones con un diámetro de 150 mm.

Canalones del edificio de usos múltiples.

Tabla 3. Diámetro resultante de canalón que se instalará en el edificio de usos múltiples.

Canalón	Superficie recogida (m^2)	Pendiente (%)	Diámetro (mm)
1	70,31	2	125
2	70,31	2	125
3	70,31	2	125
4	70,31	2	125

Canalones de las naves de fermentación y el taller

Tabla 4. Diámetro resultante de canalón que se instalará en las naves de fermentación y en el taller de maquinaria.

Canalón	Superficie recogida (m ²)	Pendiente (%)	Diámetro (mm)
1	125,605	2	150
2	125,605	2	150
3	125,605	2	150
4	125,605	2	150

2.2. Dimensionamiento de las bajantes

Las bajantes son las tuberías que canalizan el agua desde los canalones de la cubierta hasta las arquetas a pie de bajante. Las bajantes serán de sección circular de PVC.

Por norma, las bajantes no pueden estar a más de 30 m de distancia, desalojando cada una, las aguas de una distancia lineal no superior a 20 m. Los dos metros inmediatos sobre el nivel del suelo se protegerán con contratubo de fundición.

Para evitar que en la bajante entren elementos extraños que puedan ocasionar obstrucciones se colocará una rejilla filtrante de acero en la parte superior.

Las bajantes se ejecutarán de manera que queden aplomadas y fijadas a la obra. La unión se realizará con una abrazadera de fijación en la zona de la embocadura, para que cada tramo de tubo sea autoportante, y una abrazadera de guiado en las zonas intermedias. La distancia entre abrazaderas debe ser de 15 veces el diámetro. Las uniones de los tubos y piezas especiales de las bajantes se sellarán con colas sintéticas impermeables de gran adherencia dejando una holgura en la copa de 5 mm, aunque también se podrá realizar la unión mediante junta elástica.

Las bajantes, en cualquier caso, se mantendrán separadas de los paramentos para, por un lado, poder efectuar futuras reparaciones o acabados, y por otro lado, no afectar a los mismos por las posibles condensaciones en la cara exterior de las mismas.

Se colocarán cuatro bajantes, dos por faldón de cubierta, tanto por motivos funcionales como por estética constructiva. Teniendo en cuenta esto, se puede decir que cada bajante desalojará el agua de una cuarta parte de la superficie de la nave, al igual que cada tramo de canalón previamente calculado.

Análogamente al caso de los canalones, para intensidades distintas de 100 mm/h, debe aplicarse el factor f correspondiente. Así pues, la superficie considerada para cada tipo de edificio es la misma que en el caso anterior:

Edificio de usos múltiples: superficie: 140,625 m².

Naves de fermentación y taller: superficie: 251,21 m².

Por lo tanto, el agua que deslojarán las bajantes del edificio de usos múltiples será de 70,31 m² y las de las naves de fermentación y del taller será de 125,605 m².

Para calcular el diámetro nominal de las bajantes hay que recurrir a la tabla 5 (4.8. de la norma).

Tabla 5. Valores de diámetro nominal de la bajante según la superficie servida.

Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Según esto, en el edificio de usos múltiples se podrían instalar bajantes con un diámetro de 63 mm y en las naves de fermentación y en el taller con un diámetro de 75 mm. Como el diámetro de las bajantes no puede ser menor que el de los canalones, se escoge el valor de 125 mm para el primer caso y de 160 mm para el segundo.

Bajantes del edificio de usos múltiples.

Tabla 6. Diámetro resultante de bajante que se instalará en el edificio de usos múltiples.

Bajante	Superficie recogida (m ²)	Pendiente (%)	Diámetro (mm)
1	70,31	100	125
2	70,31	100	125
3	70,31	100	125
4	70,31	100	125

Bajantes de las naves de fermentación y del taller.

Tabla 7. Diámetro resultante de bajante que se instalará en las naves de fermentación y en el taller de maquinaria.

Bajante	Superficie recogida (m ²)	Pendiente (%)	Diámetro (mm)
1	125,605	100	160
2	125,605	100	160
3	125,605	100	160
4	125,605	100	160

Las bajantes serán de PVC. Se ejecutarán de manera que queden fijadas con una abrazadera de fijación en la zona de la embocadura, para que cada tramo de tubo será autoportante, y una abrazadera de guiado en las zonas intermedias. La distancia entre abrazaderas será 15 veces su diámetro.

Las uniones de los tubos y piezas especiales en bajantes de PVC se sellarán con colas sintéticas impermeables de gran adherencia, dejando una holgura de copa de 5 mm.

2.3. Dimensionamiento de colectores

Los colectores son tuberías que unen las diferentes arquetas de la instalación.

Esta red recoge tanto las aguas de lluvia procedentes de la urbanización (a través de planos inclinados con una pendiente de 2 %) así como las procedentes de la cubierta a través de las bajantes. De esta forma, se reducen de manera considerable los gastos de tubería y arquetas que se necesitarían si ambas se desalojaran independientemente. Las tuberías de esta red trabajan por gravedad.

En primer lugar, se determinarán los colectores que recogen el agua de lluvia procedente de las cubiertas. Se dispondrán 2 colectores a cada lado de cada edificio, de modo que un colector recoja en agua de una bajante, y el otro el agua de la otra bajante más el agua de la anterior. Su diámetro nominal se determina mediante la tabla 8 (4.9. de la normativa).

Tabla 8. Valores de diámetro nominal del colector según la superficie proyectada y la pendiente.

Superficie proyectada (m ²)			Diámetro nominal del colector (mm)
Pendiente del colector			
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Según esto, en el edificio de usos múltiples y en las naves de fermentación se podrían instalar colectores con un diámetro de 90 mm. Como el diámetro de los colectores no puede ser menor que el de las bajantes, se escoge el valor de 125 mm para el primer caso y de 160 mm para el segundo.

Colectores del edificio de usos múltiples.

Tabla 8. Diámetro resultante de colector que se instalará en el edificio de usos múltiples.

Colector	Superficie recogida (m ²)	Pendiente (%)	Diámetro (mm)
1	70,31	2	125
2	140,62	2	125

Colectores de las naves de fermentación y del taller.

Tabla 9. Diámetro resultante de colector que se instalará en las naves de fermentación y en el taller de maquinaria.

Colector	Superficie recogida (m ²)	Pendiente (%)	Diámetro (mm)
1	125,605	2	160
2	251,21	2	160

Además, habrá que tener en cuenta que, en determinados tramos, los colectores de los edificios transportarán el agua recogida de la lluvia procedente de la solera pavimentada de la planta. En esos casos, el caudal de agua que deberá transportar será la suma y se dimensionará en base a ese valor de caudal total.

2.4. Diseño de la red horizontal

La normativa establece que las acometidas de pluviales deben dimensionarse en el proyecto correspondiente en función de la superficie que se va a drenar, la pluviometría de la zona, la escorrentía, el tiempo de concentración del área que se va a evacuar y el periodo de retorno fijado (mínimo 10 años), adjuntándose los correspondientes cálculos justificativos.

En este caso, para la determinación de colectores que formarán la red de saneamiento de aguas pluviales se va a utilizar el método racional modificado.

El método racional es el recomendado por la "Instrucción 5.2-IC de drenaje superficial" del MOPU (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo) para la conversión de la lluvia en escorrentía. El doctor D. José Ramón Témez Peláez, del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX propuso una modificación a este método para poder aplicarlo a pequeñas cuencas (como es el caso de la que afecta al ámbito de la actuación).

Este método de cálculo se basa en una teoría no lineal que supone que los picos de los hidrogramas de las lluvias para las diferentes cuencas no se dan simultáneamente, esto quiere decir, que para el dimensionamiento de los colectores, si se suman de forma lineal los caudales procedentes de las áreas de influencia de cada colector se estará del lado de la seguridad en los cálculos, y por ello se procederá en el cálculo al diseño con las hipótesis del método, que son:

1. La precipitación es uniforme en el espacio y en el tiempo.
2. La intensidad de lluvia es la correspondiente a un aguacero de duración el tiempo de concentración de la cuenca, ya que se considera que esta duración es la más desfavorable.
3. Existe un coeficiente de escorrentía constante para cada tipo de uso del suelo.
4. No se considera la posible laminación de la cuenca vertiente y de la red, ya que se asume que se compensa aproximadamente con la no existencia de picos en la precipitación.
5. Cada tramo de colector se calcula a partir de toda la cuenca vertiente al punto final del mismo.

La expresión de cálculo básica del método racional que permite el cálculo del caudal que se va a evacuar en un punto de una cuenca es:

$$Q \text{ (l/s)} = \frac{C * I * A * K}{3600}$$

siendo:

C : coeficiente de escorrentía o relación entre el agua no retenida por el terreno y el agua de lluvia.

I : intensidad uniforme en mm/h

A : superficie de la cuenca en m² (el método de Témez es válido para A < 150 Has.)

K : coeficiente para tener en cuenta la no uniformidad de la lluvia.

Para el cálculo de las diferentes variables es necesario hacer algunos cálculos previos basados en análisis estadísticos sobre las máximas lluvias diarias ocurridas en una zona concreta. Su determinación se va a hacer mediante la estimación regional de cuantiles, en base a trabajos obtenidos del Ministerio de Fomento y en publicaciones de la Dirección General de Carreteras del MOPU.

- Coeficiente de variación, cv:

Hace referencia a la relación entre el tamaño de la media y la variabilidad de una variable concreta, en este caso, las máximas lluvias diarias. Para determinarla, hay que localizar el municipio de Autol en el mapa de isolíneas del coeficiente de variación. El valor de cv que corresponde con Autol es 0,37.

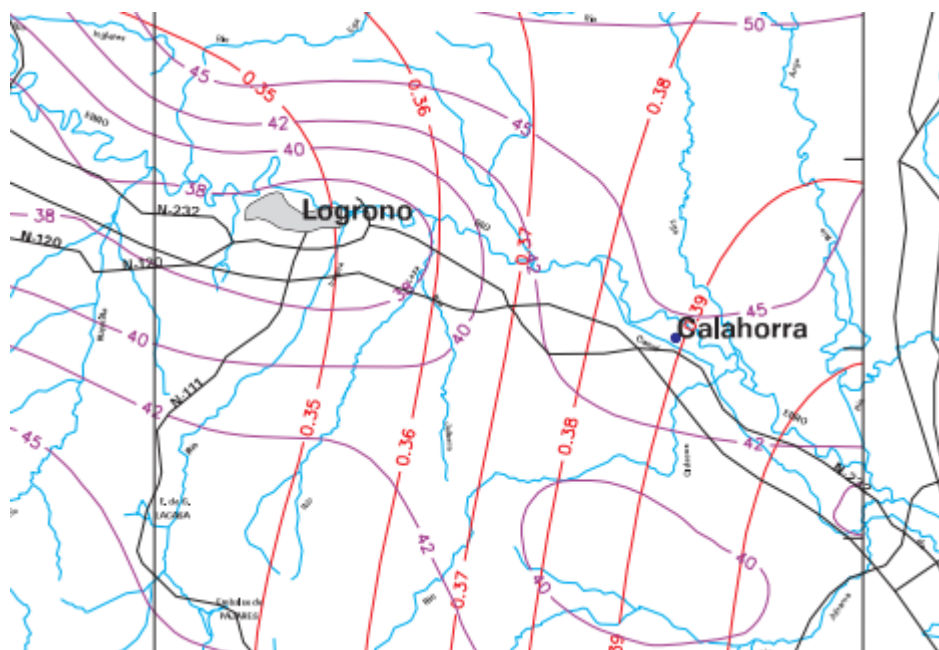


Figura 2. Mapa de isolinéas del coeficiente de variación (Ministerio de Fomento).

- Precipitación diaria media máxima.

Este valor se ha obtenido de la página de la Agencia Estatal de Meteorología que ofrece datos desde el año 1920. El mayor valor de precipitación diaria media máxima obtenido desde 1920 hasta la actualidad es de 82,6 mm/día.

- Frecuencia o período de retorno o tiempo de recurrencia de una precipitación.

Es el intervalo medio expresado en años en el que un valor extremo alcanza o supera al valor "x", al menos una sola vez.

Según la Norma 5.2-IC. Drenaje Superficial de la Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero, el Método Racional se utiliza para períodos de retorno inferiores o igual a 25 años.

En drenaje urbano y para obras de canalización pequeñas suele tomar valores entre 5 y 10 (Elías y Ruiz, 1979).

En este caso, por las características del proyecto, se adopta un periodo de retorno de 10 años.

-Cuantil regional Yt.

Se obtiene de la tabla siguiente:

Tabla 10. Cuantiles Y_t para los diferentes períodos de retorno obtenidos del modelo SQRT-ETmax.

C_v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799

Para un c_v de 0,37 y un período de retorno de 10 años se obtiene un valor de Y_t de 1,461.

-Cuantil regional X_t .

Se obtiene mediante el producto del cuantil regional Y_t por el valor medio P (Precipitación diaria media máxima), es decir: $X_t = Y_t * P$.

$$X_t = 1,461 * 82,6 = 120,68 \text{ mm/día}$$

A partir de este punto, la norma 5.2-IC ofrece dos formas de desarrollo de los cálculos, en

función de si se dispone de curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia) empíricas o no. En este caso, se utilizará el método cuando no existen curvas IDF por simplificar los cálculos y por falta de datos de precipitaciones en Autol.

Conocido el valor de la precipitación esperable para el periodo de retorno escogido, se pasará a continuación a la obtención de la curva IDF para el periodo de retorno prefijado. La expresión utilizable en España es:

$$I_t = I_d * \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - D^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

siendo:

I_t (mm/h) = Intensidad media correspondiente al intervalo de duración D horas.

I_d (mm/h) = Intensidad media diaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado. Es igual a $P_d / 24$.

P_d (mm/h) = Precipitación total diaria correspondiente al periodo de retorno estimado. Se corresponde con el valor X_t calculado anteriormente.

I_1 / I_d = Cociente entre la intensidad horaria y la diaria, independiente del periodo de retorno.

El cociente I_1 / I_d se obtienen de un mapa desarrollado por el Ministerio de Fomento:

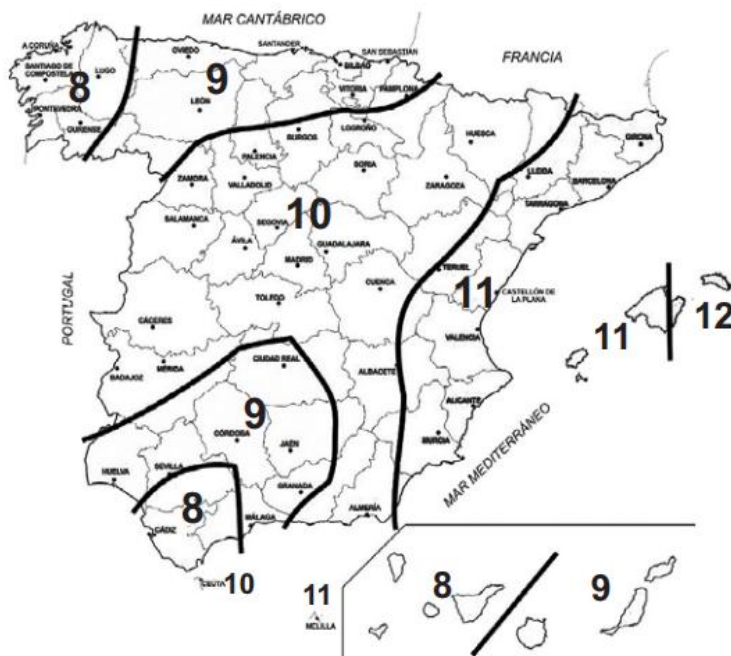


Figura 3. Mapa con los valores de I_1 / I_d .

En el caso de Autol, el valor de I_1 / I_d es igual a 10, lo que significa que la intensidad en la hora más lluviosa es 10 veces mayor que la intensidad media de todo el día.

El valor de I_d resultará: $\frac{120,68 \text{ mm/día}}{24} = 5,03 \text{ mm/h}$

D es la duración de la tormenta de diseño, que es igual al tiempo de concentración (T_C) en horas. El tiempo de concentración en un punto de una cuenca es el tiempo empleado por la lluvia caída en el lugar de la cuenca más alejado de dicho punto para llegar hasta él. Debe puntualizarse que “el lugar más alejado” se refiere a un punto de vista temporal: el lugar desde el que más tarde el agua caída en llegar al punto de concentración considerado.

La fórmula recomendada para su cálculo en cuencas urbanas es la siguiente:

$$T_C = T_E + T_R$$

El tiempo de escorrentía (T_E) es el que tarda la lluvia más alejada en llegar al cauce o red de alcantarillado. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T_E = 0,3 * \left(\frac{L}{S_0^{1/4}} \right)^{0,76}$$

siendo:

L: longitud, en m

S_0 : pendiente, en m/m

Se realizará a modo de ejemplo el cálculo con el tramo 1-2 de la red de saneamiento de la planta de compostaje. La longitud que tiene que recorrer una gota de lluvia desde que cae en el punto más alejado de la cuenca hasta la arqueta 1 es de 13,5 metros. El valor de la pendiente es de 0,02 m/m.

$$T_E = 0,3 * \left(\frac{13,5 \text{ m}}{0,02 \text{ m/m}^{1/4}} \right)^{0,76} = 4,56 \text{ min}$$

En tiempo de escorrentía correspondiente será de 273,6 segundos.

El tiempo de recorrido (T_R) es el tiempo que tarda el agua que discurre por un cauce, o por la red de alcantarillado, en alcanzar el punto de vertido. Depende de las condiciones hidráulicas del cauce o de los colectores. Si en el momento de evaluarlo no se conocen la totalidad de estas condiciones, se puede fijarlas de antemano de forma aproximada.

$$T_R = \frac{L_i}{V_i}$$

En el caso del tramo 1-2, la longitud correspondiente desde que el agua alcanza la red de alcantarillado hasta el punto de vertido es de 176,2 metros. En cuanto a la velocidad, al no

conocer las características hidráulicas, se dará un valor de velocidad del agua típica en estas conducciones (1m/s) que evite la formación de acumulaciones en las instalaciones y su erosión.

$$T_R = \frac{176,2 \text{ m}}{1 \text{ m/s}} = 176,2 \text{ s}$$

El tiempo de recorrido correspondiente será de 176,2 segundos.

Finalmente, el tiempo de concentración en el tramo 1-2 quedará de la siguiente manera:

$$T_C = T_E + T_R = 273,6 + 176,2 = 449,8 \text{ s}$$

El tiempo de concentración resulta ser de 7,5 minutos, es decir, 0,12 horas.

Con estos datos calculados y aplicando la curva IDF, se obtiene:

$$I_t = I_d * \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - D^{0,1}}{28^{0,1} - 1}} = 5,03 * (10)^{\frac{28^{0,1} - 0,12^{0,1}}{28^{0,1} - 1}} = 150,11 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

A continuación se exponen los valores de las distintas variables que intervienen en la obtención del caudal de cálculo.

- **Coefficiente de escorrentía (C).**

El valor de C varia con las características de la superficie sobre la que llueve y la cantidad de lluvia caída. Representa el cociente entre el caudal que discurre por una superficie y el caudal total precipitado sobre ella. Se utiliza la siguiente fórmula (P_d es la precipitación diaria en mm, y P_0 es el umbral de escorrentía en mm):

$$C = \frac{[(P_d/P_0) - 1] * [(P_d/P_0) + 23]}{[(P_d/P_0) + 11]^2}$$

En estudios de tipo urbano, la práctica habitual es adoptar unos valores fijos para el umbral de escorrentía en función de los usos de suelo. El valor de P_0 depende de las características de la superficie y los valores más usuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Valores de P_0 en función del tipo de superficie.

Valores de P_0 en función del tipo de superficie	
Tipo de superficie	Po (mm)
Asfaltos, hormigones, tejados	4
Adoquinados	6
Jardines	20

En este caso, se trata de un suelo de hormigón, por lo que el valor de P_0 es igual a 4mm.

Para los tejados el valor sería el mismo.

En cuanto a P_d , su valor se corresponde con el de X_t calculado anteriormente.

Por lo tanto:

$$C = \frac{\left[\left(\frac{120,68}{4}\right) - 1\right] * \left[\left(\frac{120,68}{4}\right) + 23\right]}{\left[\left(\frac{120,68}{4}\right) + 11\right]^2} = 0,9$$

- **Intensidad media de lluvia (I).**

Este valor corresponde a la máxima precipitación para una frecuencia y una duración del aguacero determinados. Especialmente en el caso de cuencas pequeñas, el caudal máximo corresponde a tormentas intensas y de corta duración. Hay que tener en cuenta que la intensidad media de una tormenta aumenta con el periodo de retorno considerado (cuanto mayor es la intensidad, con menos frecuencia ocurre), y que disminuye con la duración de la misma (cuanto más larga es la tormenta, menor es la intensidad media).

Con las premisas expuestas con anterioridad y tal y como se ha demostrado en un apartado anterior de este Anejo, la intensidad media del chaparrón es $I_t = 150,11$ mm/hora para $T = 10$ años, y para un tiempo de concentración de 0,12 horas.

- **Coefficiente punta (K).**

El coeficiente de uniformidad temporal es función del tiempo de concentración, y tiene en cuenta el error introducido en la hipótesis de uniformidad temporal de la precipitación a medida que crece el tamaño de la cuenca. El valor de este coeficiente se obtiene de la siguiente expresión:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14} = 1 + \frac{0,12^{1,25}}{0,12^{1,25} + 14} = 1$$

- **Superficie de la cuenca (A).**

La zona de actuación se ha dividido en una serie de sectores o cuencas parciales que irán recogiendo paulatinamente el agua de lluvia y la irán incorporando a la red de recogida de pluviales. Esta división se realiza para poder dimensionar los colectores de recogida de aguas progresivamente, desde un diámetro inferior cuando la superficie de cuenca es pequeña, hasta un

diámetro superior cuando la superficie acumulada es mayor y recoge el agua de tramos anteriores.

Siguiendo el ejemplo anterior, se tendrá en cuenta la superficie de la cuenca que corresponde con la arqueta 1, que es de 276 m².

Con todos estos cálculos desarrollados, ya se puede determinar el caudal que se va a evacuar de la cuenca:

$$Q = \frac{C * I * A * K}{3600} = \frac{0,9 * 150,11 * 276 * 1}{3600} = 10,41 \text{ l/s}$$

Finalmente, mediante la ecuación de continuidad ($Q = S * V$), se obtiene un diámetro de tubería de 115, 14 mm. El diámetro comercial inmediatamente superior es de 125 mm.

A partir de aquí, se irán calculando todas las cuencas descritas en la solera pavimentada de la planta, expuestas en el Plano de Saneamiento. Los caudales se sumarán a medida que vaya habiendo aporte de agua a la red de alcantarillado, hasta obtener la tubería final que desemboca en la balsa de lixiviados. Además, se determinarán los colectores que recogen el agua de las cubiertas, y que además, en algunas ocasiones, deberán transportar agua procedente de tramos anteriores. Tras esto, se comparará con los resultados obtenidos del método de cálculo anterior y se decidirá el diámetro final.

El cálculo y los valores resultantes para el dimensionado de la red horizontal de evacuación de aguas pluviales se muestran en la tabla siguiente:

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 11. Instalación de saneamiento

Tabla12. Resultados obtenidos del dimensionado de la red de saneamiento de aguas pluviales de la planta de compostaje mediante el Método Racional Modificado.

Tramo	L (m)	S ₀ (m/m)	TE (min)	TE (s)	Li (m)	Vi (m/s)	TR (s)	TC (s)	TC (h)	Id (mm/h)	I1/Id	It (mm/h)	C	A (m ²)	K	Qtramo (L/s)	Qant (L/s)	Qacum (L/s)	Øcalc (mm)	Øint (mm)	Øext (mm)
1-2	13,50	0,02	4,56	273,61	176,20	1,00	176,20	449,81	0,12	5,03	10,00	150,11	0,90	276,00	1,005	10,41	0	10,41	115,14	118,60	125
5-6	10,30	0,02	3,71	222,76	194,50	1,00	194,50	417,26	0,12	5,03	10,00	155,52	0,90	100,00	1,005	3,91	0	3,91	70,53	79,40	83
6-7	10,60	0,27	2,31	138,85	187,30	1,00	187,30	326,15	0,09	5,03	10,00	174,34	0,90	56,25	1,004	2,46	3,91	6,37	90,04	105,60	125
8-9	10,70	0,02	3,82	229,30	157,20	1,00	157,20	386,50	0,11	5,03	10,00	161,19	0,90	170,00	1,004	6,88	0	6,88	93,60	105,60	110
7-2	10,60	0,27	2,32	139,24	171,60	1,00	171,60	310,84	0,09	5,03	10,00	178,21	0,90	56,25	1,003	2,51	6,37	8,88	106,34	118,60	125
2-3	20,10	0,02	6,17	370,26	157,60	1,00	157,60	527,86	0,15	5,03	10,00	139,09	0,90	501,44	1,006	17,55	19,29	36,84	216,59	237,80	250
9-10	10,60	0,27	2,31	138,85	150,20	1,00	150,20	289,05	0,08	5,03	10,00	184,19	0,90	56,25	1,003	2,60	6,88	9,48	109,86	118,60	125
10-4	10,60	0,27	2,32	139,24	135,30	1,00	135,30	274,54	0,08	5,03	10,00	188,52	0,90	56,25	1,003	2,66	9,48	12,14	124,31	152,20	160
3-4	14,80	0,02	4,89	293,41	137,94	1,00	137,94	431,35	0,12	5,03	10,00	153,11	0,90	357,00	1,005	13,73	36,84	50,58	253,77	299,60	315
4-18	23,70	0,02	6,99	419,65	116,74	1,00	116,74	536,39	0,15	5,03	10,00	138,02	0,90	583,32	1,007	20,26	50,58	70,84	300,32	380,40	400
16-15	15,94	0,02	5,17	310,43	161,80	1,00	161,80	472,23	0,13	5,03	10,00	146,69	0,90	428,20	1,006	15,79	0,00	15,79	141,80	152,20	160
11-12	14,40	0,17	3,18	190,93	150,00	1,00	150,00	340,93	0,09	5,03	10,00	170,83	0,90	100,50	1,004	4,31	0,00	4,31	74,06	79,40	160
13-14	14,40	0,17	3,18	190,93	177,40	1,00	177,40	368,33	0,10	5,03	10,00	164,84	0,90	100,50	1,004	4,16	0,00	4,16	72,77	79,40	160
14-15	14,40	0,17	3,18	190,93	154,40	1,00	154,40	345,33	0,10	5,03	10,00	169,82	0,90	100,50	1,004	4,28	4,16	8,44	103,67	118,60	160
15-12	15,90	0,02	5,16	309,84	140,40	1,00	140,40	450,24	0,13	5,03	10,00	150,05	0,90	372,50	1,005	14,05	24,23	38,28	220,77	237,80	250

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 11. Instalación de saneamiento

Tramo	L (m)	S ₀ (m/m)	TE (min)	TE (s)	Li (m)	Vi (m/s)	TR (s)	TC (s)	TC (h)	Id (mm/h)	Ii/Id	It (mm/h)	C	A (m ²)	K	Qtramo (L/s)	Qant (L/s)	Qacum (L/s)	Øcalc (mm)	Øint (mm)	Øext (mm)
12-17	14,40	0,17	3,18	190,93	127,00	1,00	127,00	317,93	0,09	5,03	10,00	176,39	0,90	100,50	1,003	4,45	42,59	47,03	244,72	299,60	315
17-18	15,12	0,02	4,97	298,22	117,86	1,00	117,86	416,08	0,12	5,03	10,00	155,73	0,90	266,00	1,005	10,41	47,03	57,44	270,44	299,60	315
18-19	12,30	0,02	4,25	254,92	96,06	1,00	96,06	350,98	0,10	5,03	10,00	168,56	0,90	252,00	1,004	10,66	128,28	138,94	420,60	487,90	500
19-20	14,80	0,02	4,89	293,41	80,26	1,00	80,26	373,67	0,10	5,03	10,00	163,74	0,90	266,00	1,004	10,93	138,94	149,87	436,84	487,90	500
20-29	13,50	0,02	4,56	273,61	58,66	1,00	58,66	332,27	0,09	5,03	10,00	172,86	0,90	266,00	1,004	11,54	149,87	161,41	453,34	487,90	500
21-22	14,40	0,17	3,18	190,93	109,10	1,00	109,10	300,03	0,08	5,03	10,00	181,10	0,90	100,50	1,003	4,56	0	4,56	76,24	79,40	160
22-23	14,40	0,17	3,18	190,93	91,60	1,00	91,60	282,53	0,08	5,03	10,00	186,10	0,90	100,50	1,003	4,69	5	9,25	108,55	118,60	160
23-24	14,40	0,17	3,18	190,93	73,60	1,00	73,60	264,53	0,07	5,03	10,00	191,69	0,90	100,50	1,003	4,83	9,25	14,08	133,91	152,20	160
25-26	14,40	0,17	3,18	190,93	84,10	1,00	84,10	275,03	0,08	5,03	10,00	188,37	0,90	100,50	1,003	4,75	0	4,75	77,74	79,40	160
26-27	14,40	0,17	3,18	190,93	66,60	1,00	66,60	257,53	0,07	5,03	10,00	194,01	0,90	100,50	1,003	4,89	5	9,63	110,75	118,60	160
27-28	14,40	0,17	3,18	190,93	48,60	1,00	48,60	239,53	0,07	5,03	10,00	200,38	0,90	100,50	1,002	5,05	9,63	14,68	136,72	152,20	160
24-29	14,40	0,17	3,18	190,93	55,30	1,00	55,30	246,23	0,07	5,03	10,00	197,93	0,90	100,50	1,002	4,99	14,08	19,07	155,82	190,20	200
28-29	14,40	0,17	3,18	190,93	53,40	1,00	53,40	244,33	0,07	5,03	10,00	198,62	0,90	100,50	1,002	5,00	9,63	14,64	136,51	152,20	160
29-balsa	18,90	0,02	5,89	353,34	36,80	1,00	36,80	390,14	0,11	5,03	10,00	160,49	0,90	560,00	1,004	22,57	195,11	217,68	526,47	614,60	630

En el caso de los colectores de los edificios, se observa que en los tramos 14-15, 22-23 y 26-27 resulta un diámetro de 125 mm. Este mismo resultado se obtuvo con el método de cálculo anterior, donde los colectores tuvieron que aumentarse hasta 160 mm, ya que no podían tener un diámetro inferior al de las bajantes. Una vez más, se modifica este resultado y se opta por poner tubos de 160 mm.

Para poder confirmar este dimensionado, las tuberías que se encuentren a continuación deberán tener un diámetro mayor. En el caso del tramo 14-15, le sigue el tramo 15-12, con un diámetro de 250 mm, por lo que se cumple la condición. Para los tramos 22-23 y 26-27, el diámetro de las tuberías que hay a continuación es de 200 y 160 mm (tramos 24-29 y 28-29 respectivamente), por lo que también se cumple la condición.

Lo mismo ocurre con los tramos 21-22, 22-23, 25,26 y 26-27, que dan como resultado diámetros menores de 160 mm, por lo que se modifica su resultado. Las tuberías que hay a continuación (23-24, 27-28 por ejemplo) ya cuentan con diámetros iguales o mayores.

Esta misma modificación se debe hacer en los tramos 11-12 y 13-14, comprobando de igual modo que el diámetro de las tuberías posteriores es igual o mayor.

Además con el primer método de cálculo de los colectores del edificio de usos múltiples, el diámetro nominal que se podía colocar era de 90 mm, sin tener en cuenta el aporte de agua de los tramos 5-6 y 8-9. Con el segundo método, el diámetro resultante del tramo 6-7 es de 110 mm ya que tienen en cuenta el agua aportada del tramo 5-6. En cualquier caso, y como ya se ha explicado, el diámetro del colector no puede ser inferior al de la bajante, así que su valor se modifica a 125 mm. El mismo diámetro resultó en el tramo posterior (7-2), así que una vez más se confirma que se cumple la condición.

2.4.1. Arquetas

En la planta se dispondrán varios tipos de arquetas, todas ellas se dimensionadas teniendo en cuenta el diámetro del colector de salida.

Para su diseño se utiliza la tabla 13 (tabla 4 del Documento Básico HS de Salubridad).

Tabla 13. Diámetro de las arquetas en función del diámetro del colector de salida.

	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
L x A [cm]	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Arquetas a pie de bajante

Son las arquetas que enlazan bajantes con colectores. Cada bajante lleva la suya. Su cálculo se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 14. Resultados del dimensionado de las arquetas a pie de bajante.

Nº arqueta	Ø (mm) colector salida	Arqueta (cm)
6	125	50 x 50
7	125	50 x 50
9	125	50 x 50
10	160	60 x 60
11	160	60 x 60
12	315	70 x 80
13	160	60 x 60
14	160	60 x 60
21	160	60 x 60
22	160	60 x 60
23	160	60 x 60
24	200	60 x 60
25	160	60 x 60
26	160	60 x 60
27	160	60 x 60
28	160	60 x 60

Arquetas sumidero

Recogen las aguas de lluvia de la urbanización a través de planos inclinados 2%. Se comunican entre sí mediante colectores subterráneos. Algunas de ellas además, funcionan como arquetas de paso, comunicando varios colectores y permitiendo cambios de dirección.

Su dimensionado se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 15. Resultados del dimensionado de las arquetas sumidero.

Nº arqueta	Ø (mm) colector salida	Arqueta (cm)
1	125	50 x 50
2	250	60 x 70
3	315	90 x 90
4	400	90 x 90
5	83	40 x 40
8	110	50 x 50
15	250	60 x 70
16	160	60 x 60
17	315	90 x 90
18	500	90 x 90
19	500	90 x 90
20	500	90 x 90
29	630	100 x 100*

*El Documento Básico de Salubridad ofrece relación de tamaños de arquetas hasta un diámetro de colector de 500 mm. La arqueta final del sistema de alcantarillado se ha obtenido del catálogo "Saniplast". Teniendo en cuenta que es el tramo final de la red y las características del colector (diámetro, 630 mm y pendiente del 3%), se decide poner una arqueta de dimensiones 100 x 100 mm.

3. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS PROCESO

Los lixiviados producidos durante la fermentación de la materia orgánica en las naves de fermentación y en el biofiltro serán recogidos y transportados por gravedad hasta la balsa, para que puedan ser recirculados y aprovechados durante el proceso.

Esta red está compuesta por:

- Arquetas sumideros sifónicas que impiden la aparición de malos olores.
- Colectores.

Los tubos o conductos serán de PVC resistente a la corrosión. Las arquetas sumideros serán de tipo de rejilla, para evitar el paso de los sólidos como restos de tierra o materia orgánica que puedan producir obstrucciones.

Para el cálculo de la red se consideran los datos del caudal de agua de riego de pilas de compost y del biofiltro, calculados en el Anejo de Riego.

Tabla 16. Valores de caudal que se utilizarán para el dimensionado de la red de saneamiento de aguas industriales de proceso.

Riego	Caudal (m ³ /s)
Nave fermentación 1	$7,78 \cdot 10^{-3}$
Biofiltro	$3,4 \cdot 10^{-3}$
Nave fermentación 2	$7,78 \cdot 10^{-3}$

Una vez que el agua sale de las boquillas, debe atravesar la materia orgánica y después, por gravedad, el suelo de la nave o del biofiltro hasta llegar a los conductos de saneamiento. Parte del agua queda retenida por la propia masa de compost y otra parte sale a través del sistema de ventilación y filtración. Obviando estas pérdidas de agua durante el proceso y el tiempo que tarda el líquido hasta llegar hasta la red de saneamiento, se va a utilizar el mismo dato de caudal que se aporta aunque el sistema quede sobredimensionado. La producción de lixiviados es intermitente, así que se realizarán los cálculos sumando los caudales totales. Una vez más, utilizando la ecuación de continuidad, se obtiene el diámetro de los colectores que será necesario instalar.

Tabla 17. Resultados del diámetro de las tuberías que se instalarán en la red de saneamiento de aguas industriales de proceso.

Tramo	Caudal (m³/s)	Velocidad (m/s)	Øcalc (mm)	Øint (mm)	Øext (mm)
30-31	$7,78 \cdot 10^{-3}$	1	99,53	105,60	110
31-32	$1,11 \cdot 10^{-2}$	1	118,88	152,20	160
32-balsa	$1,9 \cdot 10^{-2}$	1	155,54	190,20	200

Además, se deben dimensionar las tuberías que recogen los lixiviados de cada túnel y que desembocan en las arquetas correspondientes. Como existen dos tuberías en cada túnel, el caudal que deben transportar es la cuarta parte del que transporta la tubería principal de saneamiento.

Tabla 18. Resultados del diámetro de las tuberías que se instalarán en los túneles de fermentación

Tramo	Caudal (m³/s)	Velocidad (m/s)	Øcalc (mm)	Øint (mm)	Øext (mm)
Túnel-arqueta	$1,9 \cdot 10^{-3}$	1	49,76	105,60	110

Según la Tabla 4 del Documento Básico HS de Salubridad, las arquetas de sumidero que se deben instalar tendrán las siguientes medidas:

Tabla 19. Resultados de las dimensiones de las arquetas que se instalarán en la red de saneamiento de aguas industriales de proceso.

Nº arqueta	Ø (mm) colector salida	Arqueta (cm)
30	110	50 x 50
31	160	60 x 60
32	200	60 x 60

3.1. Dimensionado de la balsa de lixiviados

Llegados a este punto, ya se conoce el caudal de agua que va a aportar la red de saneamiento a la balsa de lixiviados:

- $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$, es el caudal evacuado por la red de pluviales que corresponde a la máxima pluviometría que se puede dar en la zona para el período de retorno fijado.

- $1,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$, es el caudal aportado procedente de la fermentación de la materia orgánica, evacuado por la red de saneamiento de aguas de proceso.

Con esto se obtienen un caudal total de $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$, valor que se utilizará para hacer un cálculo aproximado de las dimensiones que deberá tener la balsa de lixiviados.

Suponiendo una duración de tormenta de 30 minutos, estimado del lado de la seguridad teniendo en cuenta la torrencialidad de las lluvias en la zona de estudio, se obtiene un caudal de 400 m^3 para ese tiempo. Contando con la posibilidad de que se dieran fenómenos de precipitación durante días seguidos y que la tasa de vaciado podría ser más baja que la de llenado, se redondea ese valor a 600 m^3 . Según esto, las dimensiones elegidas para la balsa serán:

- Largura: 15 metros
- Anchura: 8 metros
- Profundidad: 5 metros.

4. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS LIMPIEZA

Para la limpieza y desinfección de los equipos e instalaciones, se diseñará una red de saneamiento independiente, debido a que es agua contaminada con jabones y detergentes que no puede ser utilizada en el proceso industrial, ya que alteraría la microbiota responsable de los fenómenos fermentativos.

La limpieza y desinfección se realizará en la zona de recepción, donde se colocarán arquetas de sumidero. Para evitar que el agua de limpieza vaya a parar a las conducciones de pluviales, se colocará una tapa en las arquetas que corresponden al saneamiento residual de la industria. Estas tapas se retirarán a la hora de realizar las labores de limpieza, momento en el cual se deberán tapar las arquetas de aguas pluviales para evitar que el agua contaminada llegue a la balsa. El resto del tiempo, estas arquetas estarán tapadas y las de pluviales destapadas. Todos los conductos serán de PVC.

Los vertidos procedentes de las actividades de limpieza serán recogidos en la planta por una empresa especializada en depuración de aguas residuales de este tipo.

El dimensionado de esta red se realizará a partir del dato de caudal de agua que suelen aportar los equipos de lavado manual de las industrias. Ese caudal es de 87 l/min, o lo que es lo mismo, $1,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. Solo se dispone de una manguera, así que se utilizará ese caudal como el valor máximo de caudal que pueda recoger cada arqueta.

Tabla 20. Resultados del diámetro de las tuberías que se instalarán en la red de saneamiento de aguas industriales de limpieza.

Tramo	Caudal (m^3/s)	Velocidad (m/s)	$\varnothing_{\text{calc}}$ (mm)	\varnothing_{int} (mm)	\varnothing_{ext} (mm)
33-35	$1,45 \cdot 10^{-3}$	1	43	46,4	50
34-35	$1,45 \cdot 10^{-3}$	1	43	46,4	50
35-depurad	$1,45 \cdot 10^{-3}$	1	43	46,4	50

Según la Tabla 20 (4 del Documento Básico HS de Salubridad), las arquetas de sumidero que se deben instalar tendrán las siguientes medidas:

Tabla 21. Resultados de las dimensiones de las arquetas que se instalarán en la red de saneamiento de aguas industriales de limpieza.

Nº arqueta	Ø (mm) colector salida	Arqueta (cm)
33	50	40 x 40
34	50	40 x 40
35	50	40 x 40

5. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS FECALES

Esta red está formada por:

- Arquetas sifónicas. Reciben el agua de los diferentes aparatos instalados como inodoros, lavabos, etc. Este tipo de arquetas se caracterizan por evitar la aparición de malos olores.
- Colectores. Recogen los vertidos procedentes de las arquetas sifónicas.
- Arquetas de paso. Se instalan en los encuentros de diferentes colectores o cuando hay un cambio de dirección.

Las tuberías serán de PVC resistente a la corrosión, con una pendiente del 2%.

Para el cálculo de la red de saneamiento de aguas fecales se recurre, como en casos anteriores, al Documento Básico de Salubridad.

En primer lugar, para determinar el caudal de cálculo se suman las unidades de desagüe correspondientes a cada cuarto húmedo que se calculan aplicando la tabla siguiente.

Tabla 22. Unidades de desagüe correspondientes en función del tipo de aparato sanitario.

Tipo de aparato sanitario		Unidades de desagüe UD	
		Uso privado	Uso público
Lavabo		1	2
Bidé		2	3
Ducha		2	3
Bañera (con o sin ducha)		3	4
Inodoro	Con cisterna	4	5
	Con fluxómetro	8	10
Urinario	Pedestal	-	4
	Suspendido	-	2
	En batería	-	3.5
Fregadero	De cocina	3	6
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2
Lavadero		3	-
Vertedero		-	8
Fuente para beber		-	0.5
Sumidero sifónico		1	3
Lavavajillas		3	6
Lavadora		3	6
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	7	-
	Inodoro con fluxómetro	8	-
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	-
	Inodoro con fluxómetro	8	-

Según la tabla, las unidades de descarga de cada uno de los aparatos presentes en la planta será:

Tabla 23. Unidades de desagüe de los aparatos sanitarios de la red de aguas fecales.

Aparato sanitario	UD
Lavabo	1
Ducha	2
Inodoro con cisterna	4
Urinario suspendido	2
Fregadero	2

La selección de los diámetros correspondientes a estos tramos, comprendidos entre la válvula de descarga del aparato y el tramo colector que recoge las aguas de otros aparatos del mismo cuarto húmedo, se obtiene de forma directa a través de la tabla 24 (tablas 4.1 y 4.2 del documento HS5).

Tabla 24. Valores del diámetro mínimo del sifón en función del tipo de aparato sanitario.

Tipo de aparato sanitario		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
		Uso privado	Uso público
Lavabo		32	40
Bidé		32	40
Ducha		40	50
Bañera (con o sin ducha)		40	50
Inodoro	Con cisterna	100	100
	Con fluxómetro	100	100
Urinario	Pedestal	-	50
	Suspendido	-	40
	En batería	-	-
Fregadero	De cocina	40	50
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	40
Lavadero		40	-
Vertedero		-	100
Fuente para beber		-	25
Sumidero sifónico		40	50
Lavavajillas		40	50
Lavadora		40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	100	-
	Inodoro con fluxómetro	100	-
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	100	-
	Inodoro con fluxómetro	100	-

Según la tabla, el diámetro mínimo de cada uno de los aparatos presentes en la planta será:

Tabla 25. Resultados del diámetro del sifón de los aparatos sanitarios de la red de aguas fecales.

Aparato sanitario	UD	Diámetro mínimo (mm)
Lavabo	1	32
Ducha	2	40
Inodoro con cisterna	4	100
Urinario suspendido	2	40
Fregadero	2	40

Para calcular el diámetro correspondiente a las derivaciones individuales de la instalación, hay que basarse en dos parámetros, según especificaciones del CTE HS5.

Se dimensionan en función del número de unidades de descarga que reciben y de su pendiente.

Tabla 26. Valores del diámetro mínimo de la derivación individual en función del número de UD y la pendiente.

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

Según esto, se configuran los diferentes tramos de la instalación como sigue a continuación:

Tabla 27. Resultados del diámetro de la derivación individual de los tramos de la red de aguas fecales.

Tramo	Inodoro	Fregadero	Ducha	Urinario	Lavabo	Total UD	Diámetro (mm)
1-4	-	3	-	-	-	6	50
2-4	1	-	1		1	7	63
3-4	1	-	1	1	1	9	63
5-6	1	-	-	-	1	5	50

Finalmente, se debe calcular el diámetro de los colectores generales de aguas residuales,

nuevamente en función del número de UD y de la pendiente adoptada.

Tabla 28. Resultados del diámetro de los colectores de la red de aguas fecales.

Tramo	Total UD	Diámetro (mm)
4-6	22	90
6-depósito	27	90

El último dimensionado, es el cálculo de las arquetas que será necesario instalar.

Tabla 29. Resultados del dimensionado de las arquetas de la red de aguas fecales.

Nº arqueta	Tipo arqueta	Ø (mm) colector salida	Dimensiones (mm)
1	Sifónica	50	40 x 40
2	Sifónica	63	40 x 40
3	De paso	63	40 x 40
4	De paso	90	40 x 40
5	Sifónica	50	40 x 40
6	De paso	90	40 x 40



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 12. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- PARTES CONSTITUTIVAS DE LA INSTALACIÓN	3
2.1.- Acometida.....	3
2.2.- Caja de protección y medida (CPM)	3
2.3.- Derivación individual (DI)	4
2.4.- Línea de puesta a tierra.....	4
2.5.- Cuadro general de fuerza y alumbrado (CG).....	4
2.6.- Líneas de corrientes generales.....	6
2.7.- Cuadros secundarios de fuerza y/o alumbrado	6
3.- CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	7
3.1.- Potencias.....	7
3.2.- Intensidades	7
3.3.- Sección	8
3.4.- Caída de tensión	8
4.- DEMANDA DE POTENCIA.....	10
4.1.- Alumbrado interior	10
4.1.1.- Alumbrado edificio de usos múltiples	17
4.1.2.- Alumbrado almacén de maquinaria	31
4.1.3.- Alumbrado naves de fermentación	35
4.1.4.- Alumbrado de emergencia.....	37
4.2.- Alumbrado exterior	37
4.3.- Necesidades de fuerza	42
4.4.- Resumen de las necesidades de alumbrado y fuerza	44
5.- DISPOSICIÓN DE LOS CIRCUITOS EN EL CUADRO DE DISTRIBUCIÓN	47
6. PREVISIÓN DE CARGA NECESARIA	50
7. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES	51
8. CAÍDA DE TENSIÓN.....	53
9. CANALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS CABLES.....	55
10. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES	56
11. CÁLCULO DE LA DERIVACIÓN INDIVIDUAL.....	57

12. PUESTA A TIERRA	59
12.1. Resistencia de la toma de tierra.	59
13.CÁLCULO DE LA LONGITUD DEL ELECTRODO	60
14. RESULTADOS OBTENIDOS	60

1. INTRODUCCIÓN

Este anejo tiene como finalidad describir los cálculos referentes a las líneas de distribución en Baja Tensión definiendo el tipo y sección del conductor y el sistema de transporte, el alumbrado y tomas de fuerza, elementos de protección y maniobra y tomas de tierra de la instalación, maquinaria y elementos metálicos de la obra.

Se tendrán en cuenta las directrices del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) para la elección de los materiales y el dimensionamiento de las redes en la planta de compostaje.

En la instalación eléctrica se calculan:

- Instalación de alumbrado: determinación de la clase, tipo, número y forma de distribución de las luminarias que hay que instalar, tanto para alumbrado interior como exterior, y las diferentes secciones de la red.
- Necesidades de fuerza: se calculan a partir de las necesidades de la maquinaria e instalaciones proyectadas.

Las normas consideradas para la redacción de este anejo se recogen en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) a través de cada una de las distintas Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC's).

También se considerará el Código Técnico de la Edificación en lo expuesto en los siguientes documentos básicos:

- DB-HE: Este Documento Básico tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía.
- DB-SUA: Este Documento Básico tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad de utilización y accesibilidad.

La parcela tiene un suministro de red de 3x400/230 voltios, sistema trifásico- monofásico a una frecuencia de 50 Hz.

La energía eléctrica será suministrada por las redes de la empresa distribuidora de energía "Iberdrola distribución eléctrica, S.A."

La instalación interior se proyecta teniendo en cuenta la máxima intensidad admisible en los conductores utilizados en las diferentes líneas, así como la máxima caída de tensión permitida,

según las ITC-BT-15 e ITC-BT-19.

Las caídas de tensión admisibles son:

Línea	Caída admisible (%)	Instrucción
Derivación individual	1,5	ITC-BT-15, punto 3
Instalación de fuerza	5	ITC-BT-19, punto 2.2.2
Instalación de alumbrado	3	ITC-BT-19, punto 2.2.2

Tabla 1. Valor de la caída de tensión admisible en las diferentes líneas

Se instalarán interruptores magnetotérmicos en los circuitos, tanto de alumbrado como de fuerza, e interruptores diferenciales para proteger la instalación eléctrica y los aparatos conectados a ella de sobrecargas y de cortocircuitos.

2. PARTES CONSTITUTIVAS DE LA INSTALACIÓN

2.1.- Acometida

La acometida se hará desde la red de la compañía distribuidora hasta una arqueta situada en las inmediaciones de la parcela.

2.2.- Caja de protección y medida (CPM)

Para el caso de suministros para un único usuario, al no existir línea general de alimentación, podrá simplificarse la instalación colocando en un único elemento, la caja general de protección (CG) y el equipo de medida; dicho elemento se denominará caja de protección y medida. Todo ello según la ITC-BT-13.

Emplazamiento e instalación

Se instalará preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso. Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Al no permitirse el montaje superficial se instalará siempre en un nicho en pared, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50.102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm del suelo.

Los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán estar instalados a una altura comprendida entre 0,7 m y 1,80 m.

En todos los casos se procurará que la situación elegida, esté lo más próxima posible a la red de distribución pública y que quede alejada o en su defecto protegida adecuadamente, de otras instalaciones tales como de agua, gas, teléfono, etc., según se indica en ITC-BT-06 y ITC-BT-07.

Cuando la fachada no linde con la vía pública, la caja se situará en el límite entre las propiedades públicas y privadas.

Tipos y características

Las cajas de protección y medida que se van a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente, en función del número y naturaleza del suministro.

Las cajas de protección y medida cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la

Norma UNE-EN 60.439-1, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la UNE-EN 60.439-3, una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK09 según UNE-EN 50.102 y serán precintables.

La envolvente deberá disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones.

El material transparente para la lectura, será resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

2.3.- Derivación individual (DI)

Une el cuadro de protección y medida (CPM) con el cuadro general de fuerza y alumbrado (CG). Se realizará utilizando conductores unipolares de cobre según lo expuesto en la ITC-BT-15, con aislamiento de 0,6/1 kV, tipo RV-K.

2.4.- Línea de puesta a tierra

La instalación se realizará de acuerdo al sistema TT, en el que el neutro y las masas van conectados a dos instalaciones de puesta a tierra eléctricamente independientes, según la ITC-BT-24 sobre protección contra contactos indirectos.

La realización de toma de tierra será realizada enterrando en zonas de probada humedad, a una profundidad no inferior a 80 cm del suelo, un conductor desnudo de 50 mm² de sección, formando un anillo alrededor de todo el edificio. Cuando se deba mejorar la eficacia de la puesta a tierra de la conducción enterrada, se añadirá el número necesario de picas enterradas. Todo ello según se describe en la Guía BT-26.

2.5.- Cuadro generales de fuerza y alumbrado (CG)

El cuadro general contiene todos los elementos de protección de los circuitos de fuerza y alumbrado, según la ITC-BT-17.

Situación

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. En los locales industriales en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en un compartimento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección.

En los locales destinados a actividades industriales o comerciales, deberán situarse lo más próximo posible a una puerta de entrada de éstos.

Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en cuadros separados y en otros lugares.

La altura mínima a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos será de 1 m desde el nivel del suelo.

Composición y características de los cuadros

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se ubicarán en el interior de uno o varios cuadros de distribución de donde partirán los circuitos interiores.

El conexionado del cuadro general se efectuará con conductores unipolares de cobre de colores normalizados y secciones de acuerdo con los elementos de protección y los cálculos justificativos.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102. La envolvente para el interruptor de control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa que va a aplicar. Sus características y tipo corresponderán a un modelo oficialmente aprobado.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
- Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.

Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos. En el caso de que se instale más de un interruptor

diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.

Según la tarifa que se vaya a aplicar, el cuadro deberá prever la instalación de los mecanismos de control necesarios por exigencia de la aplicación de esa tarifa.

Características principales de los dispositivos de protección

El interruptor general automático de corte omnipolar tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4.500 A como mínimo.

Los demás interruptores automáticos y diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación. La sensibilidad de los interruptores diferenciales responderá a lo señalado en la Instrucción ITC-BT-24.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los circuitos interiores serán de corte omnipolar y tendrán los polos protegidos que corresponda al número de fases del circuito que protegen. Sus características de interrupción estarán de acuerdo con las corrientes admisibles de los conductores del circuito que protegen.

2.6. Líneas de corrientes generales

Une el CG con los cuadros secundarios. Tanto las líneas de fuerza como de alumbrado estarán formadas por conductores unipolares de cobre tipo H07V-K, los cuales discurrirán bajo tubo instalado en montaje superficial en las zonas de proceso y empotrados en oficinas, aseos, etc. Según lo dispuesto en la ITC-BT-21.

Las derivaciones a los cuadros secundarios se realizarán en cajas de registro y mediante bornes de apriete.

2.7. Cuadros secundarios de fuerza y/o alumbrado

Según se expone en la ITC-BT-19, las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a un piso, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo, facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos, evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo, si solo hay un circuito de alumbrado.

3. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

3.1.- Potencias

La potencia real de un tramo se calculará sumando la potencia instalada de los receptores que alimenta, y aplicando la simultaneidad adecuada y los coeficientes impuestos por el REBT. Entre estos últimos cabe destacar:

Factor de 1,8 a aplicar en tramos que alimentan a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga.

Factor de 1'25 a aplicar en tramos que alimentan a uno o varios motores, y que afecta a la potencia del mayor de ellos.

3.2.- Intensidades

Se determinará la intensidad por aplicación de las siguientes expresiones:

- *Distribución monofásica:*

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

V = Tensión (V)

P = Potencia (W)

I = Intensidad de corriente (A)

Cos φ = Factor de potencia

- *Distribución trifásica:*

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Siendo V = Tensión entre hilos activos.

3.3.- Sección

Se aplicará para el cálculo por calentamiento lo expuesto en la norma UNE 20.460-94/5-523. La intensidad máxima que debe circular por un cable para que éste no se deteriore viene marcada por las tablas 52-C1 a 52-C14, y 52- N1. En función del método de instalación adoptado de la tabla 52-B2, se determinará el método de referencia según 52-B1, que en función del tipo de cable nos indicará la tabla de intensidades máximas que se ha de utilizar.

La intensidad máxima admisible se ve afectada por una serie de factores como son la temperatura ambiente, la agrupación de varios cables, la exposición al sol, etc. que generalmente reducen su valor. Se hallará el factor por temperatura ambiente a partir de las tablas 52-D1 y 52-N2. El factor por agrupamiento, de las tablas 52-E1, 52-N3, 52-N4 A y 52-N4 B. Si el cable está expuesto al sol, o bien, se trata de un cable con aislamiento mineral, desnudo y accesible, se aplicará directamente un 0,9. Si se trata de una instalación enterrada bajo tubo, se aplicará un 0,8 a los valores de la tabla 52-N1.

Para el cálculo de la sección, se dividirá la intensidad de cálculo por el producto de todos los factores correctores, y se buscará en la tabla la sección correspondiente para el valor resultante. Para determinar la intensidad máxima admisible del cable, se buscará en la misma tabla la intensidad para la sección adoptada, y se multiplicará por el producto de los factores correctores.

3.4.- Caída de tensión

Una vez determinada la sección, se calculará la caída de tensión en el tramo aplicando las siguientes fórmulas:

- *Distribución monofásica:*

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U_n}$$

Siendo:

e = Caída de tensión (V)

S = Sección del cable (mm²) K

= Conductividad

L = Longitud del tramo (m) P

= Potencia de cálculo (W)

U_n = Tensión entre fase y neutro (V)

- *Distribución trifásica:*

$$e = \frac{P \cdot L}{K \cdot S \cdot U_n}$$

Siendo:

U_n = Tensión entre fases (V)

4.- DEMANDA DE POTENCIA

4.1.- Alumbrado interior

Se va a calcular el número de luminarias necesarias para determinar la potencia de alumbrado necesaria. Conocida esta potencia se diseñan los circuitos eléctricos y se elige una sección del conductor.

Se atenderá para el cálculo de éste apartado la norma NTE-IEI (alumbrado interior). Dicha norma comprende la elección de la clase y número de luminarias así como su distribución, fijación y conexiones, quedando excluida la instalación eléctrica para cuyo estudio se consultará la NTE-IEB: Instalaciones de Electricidad a Baja Tensión.

Para el alumbrado de las distintas zonas del interior de la industria se siguen una serie de pasos destinados a la obtención del flujo luminoso necesario para cada una de ellas:

- Determinación de los niveles de iluminación E, en lux, correspondientes a cada local según su uso.

La iluminación necesaria que da la norma UNE 12464.1 para cada estancia es la siguiente:

Zona	Iluminación necesaria (lux)
Oficina	500
Laboratorio	500
Vestuario, WC, ducha	200
Recepción	200
Sala de descanso	200
Despacho	500
Sala de control	200
Pasillo	200
Taller	300
Pasillo naves de fermentación	50
Túnel de fermentación	50
Almacén	100
Exterior	100

Tabla 2. Necesidades de iluminación de los distintos locales de la planta de compostaje.

- Color y acabado de las superficies del local:

Los factores de reflexión “ ρ ”, de las superficies del local indican la relación del flujo luminoso reflejado por dichas superficies respecto al flujo incidente total de las mismas.

Los colores de las superficies del local vendrán determinados por sus factores de reflexión que, a efectos de cálculo, se ajustarán a los valores del Cuadro 2 de la citada norma.

Según la clasificación de la Norma UNE-48103 (colores normalizados):

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
Suelo	Claro	0,3
	Oscuro	0,1

Tabla 3. Valores del factor de reflexión en función del color de las superficies del local.

El techo, las paredes y el suelo de los edificios que comprenden la planta de compostaje tienen un color claro.

- Color aparente de las lámparas de fluorescencia:

Se determina el valor del nivel medio de iluminancia E_m . Este valor depende del tipo de actividad que se vaya a realizar en el local y se pueden encontrar tabulados en las normas y recomendaciones del fabricante.

Iluminancia (lux)	Apariencia del color de la luz		
	Cálida	Intermedia	Fría
$E_m \geq 500$	Agradable	Neutra	Fría
$500 < E_m < 1.000$	↕	↕	↕
$1.000 < E_m < 2.000$	Estimulante	Agradable	Neutra
$2.000 < E_m < 3.000$	↕	↕	↕
$E_m \geq 3.000$	No natural	Estimulante	Agradable

Tabla 4. Relación entre la apariencia del color de la luz y la iluminancia.

Según la norma, al no sobrepasar en ningún momento los 500 lux, el color aparente es luz cálida.

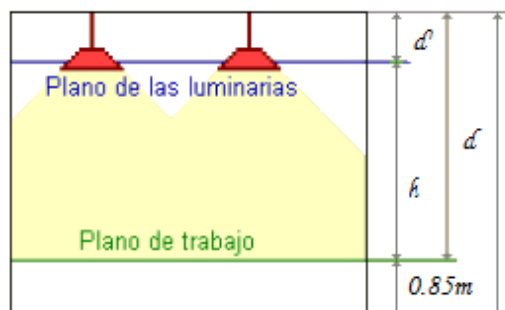
- Rendimiento de color de las lámparas de fluorescencia:

El rendimiento de color (fidelidad en la reproducción de los colores de los objetos iluminados) más adecuado para cada local según su uso viene dado en el Cuadro 5 de la norma.

En este caso se tomará un índice de rendimiento del color global: RA = 70

- Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo

El plano útil es la superficie de referencia sobre la que se efectúa normalmente un trabajo. Se considera horizontal y situado a 0,85 m del suelo. En zonas de circulación se considera coincidente con el suelo.



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias.

h': altura del local.

d: altura del plano de trabajo al techo.

d': altura entre el plano de trabajo y las luminarias.

En todos los casos se han seleccionado luminarias colgadas del techo. La longitud de la suspensión se ha escogido en base a la altura del edificio y a la situación de cada estancia (si se encuentra en el centro, en un extremo o si ocupa gran parte del edificio), teniendo en cuenta que todos los edificios son a dos aguas. Los valores de la altura del plano de trabajo se han decidido en función de la actividad que se vaya a realizar: reparación en el taller en una mesa alta en la que el operario está de pie, actividad en la oficina en un escritorio, reparación o mantenimiento del sistema de ventilación en los edificios de fermentación.....

- Determinación de la luminaria a utilizar:

Algunos ejemplos de luminarias recomendadas según el tipo de actividad que se realice se detallan a continuación:

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más usadas
Doméstico	<ul style="list-style-type: none"> • Incandescentes • Fluorescentes • Halógenas de baja potencia • Fluorescentes compactas
Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> • Alumbrado general: fluorescentes • Alumbrado localizado: incandescentes y halógenos de baja tensión
Comercial	<ul style="list-style-type: none"> • Incandescentes • Fluorescentes • Halógenos • Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los tipos • Luminarias situadas a baja altura ($\leq 6\text{m}$): fluorescentes • Alumbrado localizado incandescente
Deportivo	<ul style="list-style-type: none"> • Luminaria situada a baja altura: fluorescentes • Luminaria situada a gran altura: lámparas de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión

Tabla 5. Ejemplos de luminarias recomendadas, según el tipo de actividad que se vaya a realizar.

Las luminarias seleccionadas para la planta de compostaje serán:

- Zonas de trabajo o de permanencia en el edificio de usos múltiples y el almacén y taller. Se utilizarán para este fin luminarias tipo LED rectangulares de 55 W y un flujo luminoso de 165 lux seleccionadas del catálogo Lledó.

- Urinarios y duchas. Son locales más reducidos y con necesidades luminosas bajas. Se utilizarán luminarias tipo proyector, que concentran el chorro de luz en un pequeño espacio. Se han escogido luminarias del catálogo Simón, con una potencia de 23 W y un flujo luminoso de 2100 lux.

- Naves de fermentación. Son zonas que no necesitan una iluminación permanente, pero que es posible que sea necesario iluminar para reparación o algún caso puntual. Las necesidades lumínicas son bajas (50lux). Los túneles de fermentación se consideran zonas húmedas y sucias debido a la presencia de polvo y de los sistemas de riego. Por ello, se deben colocar lámparas estancas que estén protegidas de estos ambientes. Se han escogido del catálogo Lledó, luminarias de policarbonato de extrusión opal adecuadas para este tipo de uso, con una potencia de 60 W y un flujo luminoso de 180 lux.

- Determinación del número de luminarias y distribución

Para el cálculo de la iluminación interior se utiliza el método del flujo, que permite determinar el número de lúmenes necesario y, una vez conocido, calcular el número de lámparas y su distribución.

$$\phi_t = \frac{E_m * S}{F_m * F_u}$$

donde:

ϕ_T : flujo luminoso

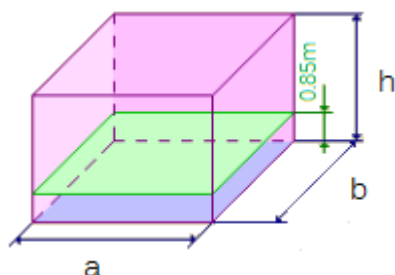
E_m : nivel de iluminación recomendada

S : superficie que se quiere iluminar

F_m : factor de mantenimiento

F_u : factor de utilización

1. La superficie que se quiere iluminar corresponde con las dimensiones de la estancia:



2. El factor de mantenimiento (F_m) se determina en función del ambiente que caracteriza a la zona, si será un ambiente sucio o limpio.

Ambiente	Factor de mantenimiento (F_m)
Limpio	0,8
Sucio	0,6

Tabla 6. Valores del factor de mantenimiento en función del tipo de ambiente.

Todos los ambientes de la planta de compostaje se consideran limpios por lo que tendrán un factor de mantenimiento de 0,8, excepto los túneles de fermentación que presentarán un factor de mantenimiento de 0,6.

3. El factor de utilización (F_u) es un valor tabulado que se determina a partir del índice del local y los factores de reflexión.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 12. Instalación eléctrica

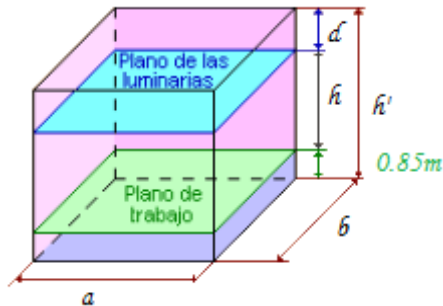
Tipo de iluminación	Luminarias	Índice del local K	Techo									
			75 %			50 %			30 %			
			50 %	30 %	10 %	Paredes						
			50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %		
semidirecta	zócalo solo o con cubierta difusora	0,50 ÷ 0,70 0,70 ÷ 0,90 0,90 ÷ 1,10 1,10 ÷ 1,40 1,40 ÷ 1,75 1,75 ÷ 2,25 2,25 ÷ 2,75 2,75 ÷ 3,50 3,50 ÷ 4,50 4,50 ÷ 6,50	0,28 0,35 0,39 0,45 0,49 0,56 0,60 0,64 0,68 0,70	0,22 0,29 0,33 0,38 0,42 0,50 0,55 0,59 0,62 0,65	0,18 0,25 0,30 0,33 0,37 0,44 0,50 0,54 0,59 0,62	0,26 0,33 0,37 0,40 0,43 0,49 0,53 0,56 0,61 0,65	0,21 0,27 0,32 0,36 0,39 0,44 0,48 0,51 0,56 0,62	0,18 0,24 0,28 0,32 0,34 0,40 0,44 0,47 0,53 0,60	0,20 0,26 0,30 0,33 0,37 0,42 0,47 0,50 0,54 0,58	0,17 0,24 0,27 0,30 0,33 0,38 0,44 0,47 0,52 0,57		
mixta	difusores	0,50 ÷ 0,70 0,70 ÷ 0,90 0,90 ÷ 1,10 1,10 ÷ 1,40 1,40 ÷ 1,75 1,75 ÷ 2,25 2,25 ÷ 2,75 2,75 ÷ 3,50 3,50 ÷ 4,50 4,50 ÷ 6,50	0,26 0,32 0,37 0,40 0,42 0,46 0,50 0,52 0,55 0,57	0,23 0,29 0,33 0,36 0,39 0,43 0,46 0,48 0,52 0,54	0,21 0,27 0,31 0,34 0,36 0,40 0,43 0,45 0,49 0,51	0,23 0,28 0,31 0,34 0,36 0,41 0,44 0,46 0,48 0,49	0,21 0,26 0,29 0,31 0,33 0,38 0,40 0,44 0,46 0,47	0,19 0,24 0,27 0,30 0,32 0,35 0,39 0,41 0,45 0,46	0,19 0,23 0,26 0,28 0,30 0,32 0,34 0,37 0,39 0,42	0,17 0,21 0,24 0,26 0,28 0,30 0,33 0,36 0,38 0,41		
directa	reflectores de haz amplio	0,50 ÷ 0,70 0,70 ÷ 0,90 0,90 ÷ 1,10 1,10 ÷ 1,40 1,40 ÷ 1,75 1,75 ÷ 2,25 2,25 ÷ 2,75 2,75 ÷ 3,50 3,50 ÷ 4,50 4,50 ÷ 6,50	0,38 0,46 0,50 0,54 0,58 0,62 0,67 0,63 0,72 0,74	0,32 0,42 0,46 0,50 0,54 0,59 0,64 0,66 0,70 0,71	0,28 0,38 0,43 0,48 0,51 0,56 0,61 0,63 0,67 0,69	0,37 0,46 0,50 0,53 0,56 0,60 0,65 0,67 0,70 0,72	0,32 0,41 0,46 0,50 0,53 0,58 0,63 0,65 0,68 0,70	0,28 0,38 0,43 0,47 0,50 0,56 0,61 0,63 0,66 0,68	0,31 0,41 0,46 0,49 0,52 0,58 0,62 0,64 0,67 0,69	0,28 0,38 0,43 0,47 0,50 0,56 0,61 0,63 0,66 0,67		
directa	reflectores de haz medio	0,50 ÷ 0,70 0,70 ÷ 0,90 0,90 ÷ 1,10 1,10 ÷ 1,40 1,40 ÷ 1,75 1,75 ÷ 2,25 2,25 ÷ 2,75 2,75 ÷ 3,50 3,50 ÷ 4,50 4,50 ÷ 6,50	0,35 0,43 0,48 0,53 0,57 0,61 0,64 0,66 0,68 0,69	0,32 0,39 0,45 0,50 0,53 0,57 0,61 0,63 0,66 0,67	0,30 0,37 0,42 0,47 0,50 0,55 0,59 0,61 0,63 0,66	0,35 0,42 0,47 0,52 0,55 0,59 0,62 0,63 0,66 0,67	0,32 0,39 0,44 0,49 0,52 0,57 0,60 0,61 0,64 0,66	0,30 0,37 0,42 0,47 0,50 0,54 0,58 0,60 0,63 0,64	0,32 0,39 0,43 0,48 0,52 0,56 0,59 0,61 0,63 0,65	0,30 0,37 0,41 0,46 0,50 0,54 0,57 0,59 0,62 0,63		

Tabla 7. Valores del factor de utilización.

Para el cálculo de la iluminación interior se utiliza el método del flujo, que permite determinar el número de lúmenes necesario y, una vez conocido, calcular el número de lámparas y su distribución.

Se han marcado en la tabla anterior los posibles valores que puede adoptar el factor de utilización según el factor de reflexión y según los tipos de luminarias que va a haber presentes en la planta.

4. En índice de local, K, se determina a partir de la geometría del local.



Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$K = \frac{a * b}{h * (a + b)}$

Para el cálculo de las luminarias interiores y su distribución, además de las fórmulas anteriormente descritas, se ha utilizado el software informático DIALux 4.12. En función de los resultados obtenidos con los dos métodos, se decidirán las luminarias que irán colocadas en cada una de las estancias de las que consta la planta.

4.1.1. Alumbrado edificio de usos múltiples

- Iluminación de la oficina.

Para su iluminación se consideran lámparas con las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 500\text{lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 2,15\text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{4,7*3,8}{2,15*(4,7+3,8)} = 0,98$

En base a:

- $a, b = 4,7\text{ metros}, 3,8\text{ metros}$
- $h = 3 - 0,85 = 2,15\text{ metros}$

- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 1$

- Reflectancia:

$P_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)

$P_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)

$P_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)

$F_m = 0,8$ (locales limpios)

$F_u = 0,5$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{500 * 17,86}{0,5 * 0,8} \rightarrow F_t = 22325\text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{22325}{5910} = 3,7 \rightarrow 4 \text{ luminarias}$$

En función de los resultados obtenidos del programa informático DIALux, se deciden colocar 3 luminarias, teniendo en cuenta las dimensiones de l local y la no necesidad de una calidad luminosa tan exigente en los extremos del local dondo podrán ir colocados armarios o

estanterías.

- Iluminación del laboratorio.

Para su iluminación se consideran lámparas con las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 500\text{lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 2,15\text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{10,8 * 4,7}{2,15 * (10,8 + 4,7)} = 1,52$

En base a:

- $a, b = 10,8\text{ metros}, 4,7\text{ metros}$
- $h = 3 - 0,85 = 2,15\text{ metros}$

- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 1,52$

- Reflectancia:

$P_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)

$P_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)

$P_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)

$F_m = 0,8$ (locales limpios)

$F_u = 0,56$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{500 * 50,76}{0,56 * 0,8} \rightarrow F_t = 56651,78\text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{56651,78}{5910} = 9,58 \rightarrow 10 \text{ luminarias}$$

En función de los resultados obtenidos del programa informático DIALux, se deciden

colocar 8 luminarias, porque se considera que es un número suficiente de lámparas para cubrir las necesidades del local.

- Iluminación vestuarios.

Tanto el vestuario femenino como el masculino tienen las mismas dimensiones y características, de manera que el mismo cálculo va a ser válido para los dos. Los vestuarios se componen de tres zonas diferentes, así que se realizará el cálculo para cada una de ellas.

- El urinario es un espacio rectangular con unas dimensiones de 1,6 X 1,8 metros.

Se consideran lámparas de las siguientes características:

- Potencia: 23 W
- Flujo luminoso: 2100 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 200\text{lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 2,15\text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{1,8 \cdot 1,6}{2,15 \cdot (1,8 + 1,6)} = 0,4$ (se toma el valor de 0,5)

En base a:

- a, b = 1,8 metros, 1,6 metros
- $h = 3 - 0,85 = 2,15\text{ metros}$

- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 0,5$

- Reflectancia:

$P_{\text{techo}} = 0,7$ (color blanco)

$P_{\text{paredes}} = 0,3$ (color blanco)

$P_{\text{suelo}} = 0,3$ (color medio)

$F_m = 0,8$ (locales limpios)

$F_u = 0,35$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{200 \cdot 2,88}{0,35 \cdot 0,8} \rightarrow F_t = 2057,14\text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$\text{Nº luminarias} = \frac{2057,14}{2100} = 0,97 \rightarrow 1\text{ luminaria}$$

- La ducha un espacio rectangular con unas dimensiones de 1,5 X 1,8 metros.

Se consideran lámparas de las siguientes características:

- Potencia: 23 W
- Flujo luminoso: 2100 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 200\text{lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 2,15\text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{1,8 \cdot 1,5}{2,15 \cdot (1,8 + 1,5)} = 0,4$ (se toma el valor de 0,5)

En base a:

- a, b = 1,8 metros, 1,6 metros
- $h = 3 - 0,85 = 2,15\text{ metros}$
- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 0,5$
- Reflectancia:
 - $\rho_{\text{techo}} = 0,7$ (color blanco)
 - $\rho_{\text{paredes}} = 0,3$ (color blanco)
 - $\rho_{\text{suelo}} = 0,3$ (color medio)
 - $F_m = 0,8$ (locales limpios)
 - $F_u = 0,35$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{200 \cdot 2,7}{0,35 \cdot 0,8} \rightarrow F_t = 1928,57\text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{1928,57}{2100} = 0,9 \rightarrow 1 \text{ luminaria}$$

- El vestuario propiamente dicho tiene forma de L, así que se dividirá en dos rectángulos y se realizará el cálculo de forma independiente.

- Vestuario zona taquillas:

Se consideran lámparas de las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 200 \text{ lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 2,15 \text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{4,7*3}{2,15*(4,7+3)} = 0,85$

En base a:

- a, b = 4,7 metros, 3 metros
- $h = 3 - 0,85 = 2,15 \text{ metros}$
- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 0,85$
- Reflectancia:
 - $\rho_{\text{techo}} = 0,7$ (color blanco)
 - $\rho_{\text{paredes}} = 0,3$ (color blanco)
 - $\rho_{\text{suelo}} = 0,3$ (color medio)
 - $F_m = 0,8$ (locales limpios)
 - $F_u = 0,46$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{200 * 14,1}{0,46 * 0,8} \rightarrow F_t = 7663,04 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{7663,04}{5910} = 1,3 \rightarrow 2 \text{ luminarias}$$

En función de los resultados obtenidos del programa informático DIALux, se decide colocar 1 luminaria, teniendo en cuenta las dimensiones de l local y la actividad que se realizará

en él.

- Vestuario zona lavabo.

Se consideran lámparas de las siguientes características:

- Potencia: 23 W
- Flujo luminoso: 2100 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 200\text{lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 2,15\text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{1,9 \cdot 1,4}{2,15 \cdot (1,9 + 1,4)} = 0,4$ (se toma el valor de 0,5)

En base a:

- a, b = 1,8 metros, 1,6 metros
- $h = 3 - 0,85 = 2,15$ metros
- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 0,5$
- Reflectancia:
 - $\rho_{\text{techo}} = 0,7$ (color blanco)
 - $\rho_{\text{paredes}} = 0,3$ (color blanco)
 - $\rho_{\text{suelo}} = 0,3$ (color medio)
 - $F_m = 0,8$ (locales limpios)
 - $F_u = 0,35$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{200 \cdot 2,66}{0,35 \cdot 0,8} \rightarrow F_t = 1900\text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^\circ \text{ luminarias} = \frac{1900}{2100} = 0,9 \rightarrow 1 \text{ luminaria}$$

- Iluminación recepción.

La iluminación de esta estancia se hará con lámparas de las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 200\text{lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 2,15\text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{5,9 \cdot 3,7}{2,15 \cdot (5,9 + 3,7)} = 1,06$

En base a:

- $a, b = 5,9\text{ metros}, 3,7\text{ metros}$
- $h = 3 - 0,85 = 2,15\text{ metros}$
- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 1,06$
- Reflectancia:
 - $P_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)
 - $P_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)
 - $P_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)
 - $F_m = 0,8$ (locales limpios)
 - $F_u = 0,46$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{200 \cdot 21,83}{0,5 \cdot 0,8} \rightarrow F_t = 10915\text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{10915}{5910} = 1,84 \rightarrow 2 \text{ luminarias}$$

- Iluminación sala de descanso.

La iluminación de esta estancia se hará con lámparas de las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 200\text{lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 2,15\text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{3,8 \cdot 3,4}{2,15 \cdot (3,8 + 3,4)} = 0,83$

En base a:

- $a, b = 3,8\text{ metros}, 3,4\text{ metros}$
- $h = 3 - 0,85 = 2,15\text{ metros}$

- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 0,83$

- Reflectancia:

$\rho_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)

$\rho_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)

$\rho_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)

$F_m = 0,8$ (locales limpios)

$F_u = 0,46$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{200 \cdot 12,92}{0,46 \cdot 0,8} \rightarrow F_t = 7021,74\text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{7021,74}{5910} = 1,18 \rightarrow 2 \text{ luminarias}$$

En función de los resultados obtenidos del programa informático DIALux, se decide colocar 1 luminaria.

- Iluminación del despacho.

Para su iluminación se consideran lámparas con las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 500\text{lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 2,15\text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{5 \cdot 3,8}{2,15 \cdot (5 + 3,8)} = 1$

En base a:

- a, b = 5 metros, 3,8 metros
- $h = 3 - 0,85 = 2,15\text{ metros}$

- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 1$

- Reflectancia:

$P_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)

$P_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)

$P_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)

$F_m = 0,8$ (locales limpios)

$F_u = 0,5$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{500 \cdot 19}{0,5 \cdot 0,8} \rightarrow F_t = 23750\text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{23750}{5910} = 4 \rightarrow 4 \text{ luminarias}$$

En función de los resultados obtenidos del programa informático DIALux, se deciden colocar 3 luminarias, teniendo en cuenta las dimensiones de l local y la no necesidad de una calidad luminosa tan exigente en los extremos comparada con el centro del local.

- Iluminación sala de control.

La iluminación de esta estancia se hará con lámparas de las siguientes características:

- Potencia: 55W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 200 \text{ lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 2,15 \text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{4,7*3,7}{2,15*(4,7+3,7)} = 0,96$

En base a:

- a, b = 4,7 metros, 3,7 metros
- $h = 3 - 0,85 = 2,15 \text{ metros}$
- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 0,96$
- Reflectancia:
 - $P_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)
 - $P_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)
 - $P_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)
 - $F_m = 0,8$ (locales limpios)
 - $F_u = 0,5$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{200 * 17,39}{0,5 * 0,8} \rightarrow F_t = 8695 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{8695}{5910} = 1,47 \rightarrow 2 \text{ luminarias}$$

En función de los resultados obtenidos del programa informático DIALux, se decide colocar 1 luminaria, teniendo en cuenta las dimensiones de l local y la no necesidad de una calidad luminosa tan exigente en los extremos del local.

- Iluminación pasillo.

El pasillo se dividirá en dos partes debido a su geometría, de tal forma que se formarán dos rectángulos.

- Pasillo 1. Es un espacio rectangular de 2,4 X 6 metros.

Se consideran lámparas de las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 200 \text{ lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 2,15 \text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{6 * 2,4}{2,15 * (6 + 2,4)} = 0,79$

En base a:

- a, b = 6 metros, 2,4 metros
- $h = 3 - 0,85 = 2,15 \text{ metros}$

- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 0,79$

- Reflectancia:

$\rho_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)

$\rho_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)

$\rho_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)

$F_m = 0,8$ (locales limpios)

$F_u = 0,46$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$Ft = \frac{200 * 14,4}{0,46 * 0,8} \rightarrow Ft = 7826,08 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$\text{Nº luminarias} = \frac{7826,08}{5910} = 1,3 \rightarrow 2 \text{ luminarias}$$

- Pasillo 2. Es un espacio rectangular de 2,05 X 3,5 metros.

Se consideran lámparas de las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 200 \text{ lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 2,15 \text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{3,5 * 2,05}{2,15 * (3,2 + 2,05)} = 0,63$

En base a:

- a, b = 3,2 metros, 2,05 metros
- $h = 3 - 0,85 = 2,15 \text{ metros}$
- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 0,63$
- Reflectancia:
 - $\rho_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)
 - $\rho_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)
 - $\rho_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)
 - $F_m = 0,8$ (locales limpios)
 - $F_u = 0,37$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$Ft = \frac{200 * 6,56}{0,37 * 0,8} \rightarrow Ft = 4432,43 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{4432,43}{5910} = 0,75 \rightarrow 1 \text{ luminaria}$$

En total se colocarán 3 luminarias de estas características en el pasillo.

4.1.2.- Alumbrado almacén de maquinaria

- Iluminación del taller.

El taller de reparación consta de una habitación en forma de L. Si se divide en dos rectángulos, uno de ellos resulta de unas dimensiones muy pequeñas, así que no se tendrá en cuenta esa zona en los cálculos y en el DIALux se contará con unas exigencias más bajas en esa zona, pudiendo destinarla en la realidad a la colocación de armarios para las herramientas o para guardar la ropa de la calle.

Según esto, el espacio rectangular que se considerará tienen unas dimensiones de: 8 X 5 metros.

Para su iluminación se consideran lámparas con las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 300 \text{ lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 3,5 \text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{8 \cdot 5}{3,5 \cdot (8 + 5)} = 0,87$

En base a:

- a, b = 8 metros, 5 metros
- $h = 4,5 - 1 = 3,5 \text{ metros}$

- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 0,87$

- Reflectancia:

$P_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)

$P_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)

$P_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)

$$F_m = 0,8 \text{ (locales limpios)}$$

$$F_u = 0,46$$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{300 * 40}{0,46 * 0,8} \rightarrow F_t = 32608,7 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{32608,7}{5910} = 5,5 \rightarrow 6 \text{ luminarias}$$

- Iluminación del lavabo.

Se consideran lámparas de las siguientes características:

- Potencia: 23 W
- Flujo luminoso: 2100 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 200 \text{ lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 3,65 \text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{1,5 * 1,35}{3,65 * (1,5 + 1,35)} = 0,2$ (se toma el valor de 0,5)

En base a:

- a, b = 1,5 metros, 1,35 metros
- $h = 4,5 - 0,85 = 3,65 \text{ metros}$
- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 0,5$
- Reflectancia:

$$\rho_{\text{techo}} = 0,7 \text{ (color blanco)}$$

$$\rho_{\text{paredes}} = 0,3 \text{ (color blanco)}$$

$$\rho_{\text{suelo}} = 0,3 \text{ (color medio)}$$

$$F_m = 0,8 \text{ (locales limpios)}$$

$$F_u = 0,35$$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{200 * 2,025}{0,35 * 0,8} \rightarrow F_t = 1446,43 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$\text{Nº luminarias} = \frac{1446,43}{2100} = 0,68 \rightarrow 1 \text{ luminaria}$$

- Iluminación del almacén.

El almacén de maquinaria consta de un espacio en forma de L. Para su iluminación, se dividirá en dos rectángulos y se realizarán los cálculos de forma independiente:

- Almacén 1. Está formado por un rectángulo de unas dimensiones: 22,7 X 11,8 metros,

Para su iluminación se consideran lámparas con las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 100 \text{ lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 3,5 \text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{22,7 \cdot 11,8}{4,15 \cdot (22,7 + 11,8)} = 1,87$

En base a:

- a, b = 22,7 metros, 11,8 metros
- $h = 5 - 0,85 = 4,15 \text{ metros}$

- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 1,87$

- Reflectancia:

$P_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)

$P_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)

$P_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)

$F_m = 0,8$ (locales limpios)

$F_u = 0,6$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{100 * 267,86}{0,6 * 0,8} \rightarrow F_t = 55840,17 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{55804,17}{5910} = 9,4 \rightarrow 10 \text{ luminarias}$$

Atendiendo a los resultados obtenido con el software y atendiendo a la actividad que se realiza en esta zona, se decide colocar 8 luminarias.

- Almacén 2. Está formado por un rectángulo de unas dimensiones: 12,9 X 5,2 metros.

Para su iluminación se consideran lámparas con las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 100 \text{ lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 3,5 \text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{12,9 * 5,2}{4,15 * (12,9 + 5,2)} = 0,89$

En base a:

- a, b = 12,9 metros, 5,2 metros
- $h = 5 - 0,85 = 4,15 \text{ metros}$
- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 0,89$
- Reflectancia:
 - $\rho_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)
 - $\rho_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)
 - $\rho_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)
 - $F_m = 0,8$ (locales limpios)
 - $F_u = 0,46$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{100 * 67,08}{0,46 * 0,8} \rightarrow F_t = 18228,2 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{18228,2}{5910} = 3 \rightarrow 3 \text{ luminarias}$$

Atendiendo a los resultados obtenidos con el software y teniendo en cuenta la actividad que se realiza en esta zona, se decide colocar 2 luminarias.

4.1.3.- Alumbrado naves de fermentación

- Iluminación del pasillo central.

Las dimensiones del pasillo de las naves de fermentación son: 23,1 X 4,6 metros.

Para su iluminación se consideran lámparas con las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 50 \text{ lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 3,5 \text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{23,1 \cdot 4,6}{5 \cdot (23,1 + 4,6)} = 0,76$

En base a:

- a, b = 22,7 metros, 11,8 metros
- $h = 5,5 - 0,5 = 5 \text{ metros}$

- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 0,76$

- Reflectancia:

$\rho_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)

$\rho_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)

$\rho_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)

$F_m = 0,8$ (locales limpios)

$F_u = 0,46$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{50 * 106,26}{0,46 * 0,8} \rightarrow F_t = 14437,5 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$\text{Nº luminarias} = \frac{14437,5}{5910} = 2,4 \rightarrow 3 \text{ luminarias}$$

- Iluminación del túnel de fermentación.

Las dimensiones del pasillo de las naves de fermentación son: 23,1 X 4,6 metros.

Para su iluminación se consideran lámparas con las siguientes características:

- Potencia: 55 W
- Flujo luminoso: 5910 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 50 \text{ lux}$
- Altura de las luminarias: $h = 3,5 \text{ m}$ (colgadas del techo)
- $K = \frac{23,1 * 6}{4,5 * (23,1 + 6)} = 1,06$

En base a:

- a, b = 22,7 metros, 11,8 metros
- $h = 4,6 - 0,1 = 4,5 \text{ metros}$
- Tipo de luminaria: extensiva
- $K = 1,06$
- Reflectancia:

$P_{\text{techo}} = 0,5$ (color claro)

$P_{\text{paredes}} = 0,5$ (color claro)

$P_{\text{suelo}} = 0,3$ (color claro)

$F_m = 0,6$ (locales sucios)

$F_u = 0,5$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{50 * 138,6}{0,5 * 0,6} \rightarrow F_t = 23100 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$\text{Nº luminarias} = \frac{23100}{5910} = 3,9 \rightarrow 4 \text{ luminarias}$$

Atendiendo a los resultados obtenidos con el software y teniendo en cuenta la actividad que se realiza en esta zona, se decide colocar 3 luminarias.

4.1.4.- Alumbrado de emergencia

La instalación debe contar con un sistema de alumbrado de emergencia. Éste entrará en funcionamiento cuando falle el suministro eléctrico o cuando sea menor al 70% de la tensión habitual. Los receptores de emergencia son de 100 W y con señalización permanente.

Se colocará uno a la salida de cada uno de los locales, según las indicaciones vistas en el Anejo de *Instalación contra Incendios*.

4.2.- Alumbrado exterior

Para la iluminación exterior se van a distribuir luminarias por las fachadas de los edificios de la planta de compostaje y en un poste colocado próximo a la balsa de lixiviados. Se van a elegir luminarias tipo proyector, que dirigen la luz al suelo en un área concreta y proporcionan una buena iluminación. Se ha elegido una luminaria del catálogo Simón con una potencia de 81 W y un flujo de 8700 lm. Las diferentes zonas que se deben iluminar, así como sus características y necesidades lumínicas se muestran a continuación:

Zona	S (m²)	Iluminación necesaria (lux)	F. unitario luminaria (lúmenes)	Nº luminarias
Aparcamientos	270	15	8700	2
Traseras de las oficinas	210	15	8700	2
Zona de recepción y expedición	1250	15	8700	9
Zona de pesaje	163,5	15	8700	2
Depósito de lixiviados	120	15	8700	1
Zonas de paso 1	73,5	15	8700	1
Zonas de paso 2	73,5	15	8700	1
Iluminación zona de maduración	558	15	8700	4

Tabla 8. Necesidades lumínicas de cada zona exterior de la planta de compostaje.

- Iluminación de aparcamientos.

- Potencia: 81 W
- Flujo luminoso: 8700 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 20 \text{ lux}$
- $F_m = 0,5$ (proximidad a vías de comunicación con tráfico, caminos agrícolas, etc)
- $F_u = 0,65$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{20 * 270}{0,65 * 0,5} \rightarrow F_t = 16615,4 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$\text{Nº luminarias} = \frac{16615,4}{8700} = 1,9 \rightarrow 2 \text{ luminarias}$$

- Iluminación traseras edificio usos múltiples.

- Potencia: 81 W
- Flujo luminoso: 8700 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 20 \text{ lux}$
- $F_m = 0,5$ (proximidad a vías de comunicación con tráfico, caminos agrícolas, etc)
- $F_u = 0,65$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{20 * 210}{0,65 * 0,5} \rightarrow F_t = 12923,01 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$\text{Nº luminarias} = \frac{12923,01}{8700} = 1,5 \rightarrow 2 \text{ luminarias}$$

- Iluminación zona de recepción y expedición.

- Potencia: 81 W
- Flujo luminoso: 8700 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 20 \text{ lux}$
- $F_m = 0,5$ (proximidad a vías de comunicación con tráfico, caminos agrícolas, etc)
- $F_u = 0,65$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{20 * 1250}{0,65 * 0,5} \rightarrow F_t = 76923,1 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$\text{Nº luminarias} = \frac{76923,1}{8700} = 8,84 \rightarrow 9 \text{ luminarias}$$

- Iluminación zona de pesaje.

- Potencia: 81 W
- Flujo luminoso: 8700 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 20 \text{ lux}$
- $F_m = 0,5$ (proximidad a vías de comunicación con tráfico, caminos agrícolas, etc)
- $F_u = 0,65$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{20 * 163,5}{0,65 * 0,5} \rightarrow F_t = 10061,54 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{10061,54}{8700} = 1,56 \rightarrow 2 \text{ luminarias}$$

- Iluminación balsa de lixiviados.

- Potencia: 81 W
- Flujo luminoso: 8700 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 20 \text{ lux}$
- $F_m = 0,5$ (proximidad a vías de comunicación con tráfico, caminos agrícolas, etc)
- $F_u = 0,65$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{20 * 120}{0,65 * 0,5} \rightarrow F_t = 7384,6 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{7384,6}{8700} = 0,85 \rightarrow 1 \text{ luminarias}$$

- Iluminación zona de pesaje.

- Potencia: 81 W
- Flujo luminoso: 8700 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 20 \text{ lux}$
- $F_m = 0,5$ (proximidad a vías de comunicación con tráfico, caminos agrícolas, etc)
- $F_u = 0,65$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{20 * 163,5}{0,65 * 0,5} \rightarrow F_t = 10061,54 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{10061,54}{8700} = 1,16 \rightarrow 2 \text{ luminarias}$$

- Iluminación zona de maduración.

- Potencia: 81 W
- Flujo luminoso: 8700 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 20 \text{ lux}$
- $F_m = 0,5$ (proximidad a vías de comunicación con tráfico, caminos agrícolas, etc)
- $F_u = 0,65$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{20 * 558}{0,65 * 0,5} \rightarrow F_t = 34338,46 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{34338,46}{8700} = 3,9 \rightarrow 4 \text{ luminarias}$$

- Iluminación de las zonas de paso.

Son las zonas próximas a los edificios de fermentación, que unen la zona de recepción y la zona de maduración. Se van a considerar unos pasillos de dimensiones 23,1 x 5 metros.

- Potencia: 81 W
- Flujo luminoso: 8700 lm

A continuación se resume el proceso seguido en este caso:

- $E_m = 20 \text{ lux}$

- $F_m = 0,5$ (proximidad a vías de comunicación con tráfico, caminos agrícolas, etc)
- $F_u = 0,65$

Llegados a este punto, se calcula el flujo luminoso:

$$F_t = \frac{20 * 115,5}{0,65 * 0,5} \rightarrow F_t = 7107,7 \text{ lm}$$

A continuación se determina el número de luminarias:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{7107,7}{8700} = 0,8 \rightarrow 1 \text{ luminarias}$$

4.3. Necesidades de fuerza

Los distintos tipos de máquinas, así como la potencia de sus motores eléctricos que se utilizarán en la planta de compostaje se muestran en la tabla siguiente:

Máquina	Número	Potencia unitaria (W)	Potencia (W)
Homogenizador/triturador	1	65000	65000
Ventiladores edificio fermentación 1	2	4000	8000
Ventiladores edificio fermentación 2	2	4000	8000
Ventilador extractor	1	11000	11000
Automatismo riego	1	400	400
Automatismo ventilación	1	400	400
Bomba depósito de lixiviados	1	11000	11000

Tabla 9. Necesidades de potencia de las distintas máquinas presentes en la planta.

La potencia de estas máquinas, junto con las distintas tomas de corriente presentes en la planta formarán el conjunto de la instalación de fuerza que habrá que abastecer. A continuación se presentan las distintas tomas de corriente que se instalarán en cada zona.

- Edificio de usos múltiples

- Sala de control: 3 tomas de corriente para abastecer el cuadro general de control y los ordenadores. Serán de 2000 W cada una. Total = 6000 W.

- Recepción: 1 toma de 2000W.

- Oficina: 3 tomas de corriente para abastecer a la fotocopidora, ordenador y

aparatos de limpieza. Serán de 2000 W cada una. Total = 6000 W.

- Despacho: 2 tomas de 2000W. Total = 4000 W.

- Pasillo: 2 tomas de 2000 W para usos de limpieza. Total = 4000 W.

- Laboratorio: en total habrá 5 tomas de corriente de 2000W necesarias para abastecer al frigorífico de muestras, la mufla de secado, balanzas de precisión, el espectrofotómetro... En total se destina una potencia de 10000W. Además se encuentra el calentador de agua que requiere una potencia de 2500 W. Total = 12500 W.

- Báscula puente para pesado de camiones con una potencia de 250 W.

- Sala de descanso: 2 tomas de 2000 W destinadas a microondas, cafetera y otros fines. Total = 4000W.

- Aseos señoras: 2 tomas de 2000 W destinadas para limpieza, secador de manos, etc. Total = 4000W.

- Aseos caballeros: 2 tomas de 2000 W destinadas para limpieza, secador de manos etc. Total = 4000W.

- Taller y almacén de maquinaria

- Taller de reparación y mantenimiento: 3 tomas de corriente para las herramientas eléctricas. Se asigna un total de 6000 W.

- Almacén: 1 toma de fuerza de 2000 W.

- Edificio de fermentación 1

- Automatización ventilación pilas de compost. Potencia= 400 W.

- Automatización riego pilas de compost. Potencia= 400 W.

- Ventiladores. Potencia 4000 W cada ventilador. Total = 8000 W.

- Ventilador extractor de gases. Potencia = 11000 W.

- Edificio de fermentación 2

- Potencia ventiladores = 4000 W cada ventilador. Total = 8000 W.

- Cuadro triturador/homogeneizador. Potencia =65000 W.

- Balsa de lixiviados

- Potencia bomba balsa de lixiviados =11000 W.

4.4. Resumen de las necesidades de alumbrado y fuerza

- Edificio de usos múltiples

- Iluminación:

Zona	Nº luminarias	Potencia unitaria(W)	Potencia consumida (W)
Oficina	3	55	165
Despacho	3	55	165
Laboratorio	8	55	440
Sala de descanso	1	55	55
Sala de control	1	55	55
Vestuario Señoras	2	23+55	78
WC Señoras	1	23	23
Ducha Señoras	1	23	23
Vestuario Caballeros	2	23+55	78
WC Caballeros	1	23	23
Ducha Caballeros	1	23	23
Pasillo	3	55	165
Recepción	2	55	110
Emergencias	11	100	1100
Exterior	6	81	486

Tabla 10. Resumen de las necesidades de alumbrado del edificio de usos múltiples

- Fuerza:

Zona	Potencia consumida (W)
Oficina	6000
Despacho	4000
Laboratorio	1250
Báscula	250
Sala de descanso	4000
Sala de control	6000
Aseos Señoras	4000
Aseos Caballeros	4000
Recepción	2000

Tabla 11. Resumen de las necesidades de fuerza del edificio de usos múltiples

- Almacén de maquinaria

- Iluminación:

Zona	Nº luminarias	Potencia unitaria(W)	Potencia consumida (W)
WC taller	1	23	23
Lavabo taller	1	23	23
Taller de mantenimiento	6	55	330
Almacén maquinaria	10	55	550
Emergencias	3	100	300
Exterior	3	81	243

Tabla 12. Resumen de las necesidades de alumbrado del almacén de maquinaria.

- Fuerza:

Zona	Potencia consumida (W)
Taller	6000
Almacén	2000

Tabla 13. Resumen de las necesidades de fuerza del almacén de maquinaria.

- Edificio de fermentación 1

- Iluminación:

Zona	Nº luminarias	Potencia unitaria(W)	Potencia consumida (W)
Pasillo nave de fermentación 1	3	55	165
Túnel 1 nave de fermentación 1	3	60	180
Túnel 2 nave de fermentación 1	3	60	180
Emergencias	2	100	200
Exterior	6	81	486

Tabla 14. Resumen de las necesidades de alumbrado del edificio de fermentación 1.

- Fuerza:

Zona	Potencia consumida (W)
Ventiladores túneles	8000
Ventilador extracción	11000
Automatización ventilación	400
Automatización riego	400

Tabla 15. Resumen de las necesidades de fuerza del edificio de fermentación 1.

- Edificio de fermentación 2

- Iluminación:

Zona	Nº luminarias	Potencia unitaria(W)	Potencia consumida (W)
Pasillo nave de fermentación 2	3	55	165
Túnel 1 nave de fermentación 2	3	60	180
Túnel 2 nave de fermentación 2	3	60	180
Emergencias	2	100	200
Exterior	6	81	486

Tabla 16. Resumen de las necesidades de alumbrado del edificio de fermentación 2.

- Fuerza:

Zona	Potencia consumida (W)
Ventiladores túneles	8000
Triturador/homogeneizador	65000

Tabla 17. Resumen de las necesidades de fuerza del edificio de fermentación 2.

- Balsa de lixiviados

- Iluminación:

Zona	Nº luminarias	Potencia unitaria(W)	Potencia consumida (W)
Exterior	1	81	81

Tabla 18. Resumen de las necesidades de fuerza de labalsa de lixiviados.

- Fuerza:

Zona	Potencia consumida (W)
Bomba balsa	11000

Tabla 19. Resumen de las necesidades de fuerza de labalsa de lixiviados.

5. DISPOSICIÓN DE CIRCUITOS EN EL CUADRO DE DISTRIBUCIÓN

En cada edificio y en la balsa de lixiviados se instalarán Cuadros Secundarios de Mando y Protección que derivarán del Cuadro General de Mando y Protección.

De acuerdo con las cargas existentes en la planta se han distribuido por circuitos tal y como se indica en las siguientes tablas.

- Cuadro General de Mando y Protección al Cuadro Secundario de Mando y Protección 1.

Circuito	Descripción	Potencia (W)
CGMP-CSMP1-A1	Alumbrado sala de control y laboratorio	495
CGMP-CSMP1-A2	Alumbrado recepción, sala de descanso, pasillo y aseos femeninos	454
CGMP-CSMP1-A3	Alumbrado oficina, despacho y aseos masculinos	454
CGMP-CSMP1-A4	Alumbrado de emergencia	1100
CGMP-CSMP1-A5	Alumbrado exterior	486
CGMP-CSMP1-A6	Fuerza sala de control, laboratorio y báscula	12750
CGMP-CSMP1-A7	Fuerza recepción, sala de descanso, pasillo y aseos femeninos	14000
CGMP-CSMP1-A8	Fuerza oficina, despacho y aseos masculinos	14000
Total		43739

Tabla 20. Descripción de los circuitos del Cuadro Secundario de Mando y Protección 1.

- Cuadro General de Mando y Protección al Cuadro Secundario de Mando y Protección 2.

Circuito	Descripción	Potencia (W)
CGMP-CSMP2-A1	Alumbrado taller y aseos	376
CGMP-CSMP2-A2	Alumbrado almacén maquinaria	550
CGMP-CSMP2-A3	Alumbrado de emergencia	300
CGMP-CSMP2-A4	Alumbrado exterior	243
CGMP-CSMP2-A5	Fuerza taller y almacén	8000
Total		9469

Tabla 21. Descripción de los circuitos del Cuadro Secundario de Mando y Protección 2.

- Cuadro General de Mando y Protección al Cuadro Secundario de Mando y Protección 3.

Circuito	Descripción	Potencia (W)
CGMP-CSMP3-A1	Alumbrado pasillo central nave de fermentación	165
CGMP-CSMP3-A2	Alumbrado túnel de fermentación 1	180
CGMP-CSMP3-A3	Alumbrado túnel de fermentación 2	180
CGMP-CSMP3-A4	Alumbrado de emergencia	200
CGMP-CSMP3-A5	Alumbrado exterior	486
CGMP-CSMP3-A6	Ventiladores edificio 1	8000
CGMP-CSMP3-A7	Ventilador de extracción	11000
CGMP-CSMP3-A8	Automatización ventilación y riego	800
Total		21011

Tabla 22. Descripción de los circuitos del Cuadro Secundario de Mando y Protección 3.

- Cuadro General de Mando y Protección al Cuadro Secundario de Mando y Protección 4.

Circuito	Descripción	Potencia (W)
CGMP-CSMP4-A1	Alumbrado pasillo central nave de fermentación	165
CGMP-CSMP4-A2	Alumbrado túnel de fermentación 1	180
CGMP-CSMP4-A3	Alumbrado túnel de fermentación 2	180
CGMP-CSMP4-A4	Alumbrado de emergencia	200
CGMP-CSMP4-A5	Alumbrado exterior	486
CGMP-CSMP4-A6	Ventiladores edificio 2	8000
CGMP-CSMP4-A7	Triturador/homogeneizador	65000
Total		74211

Tabla 23. Descripción de los circuitos del Cuadro Secundario de Mando y Protección 4.

- Cuadro General de Mando y Protección al Cuadro Secundario de Mando y Protección 5.

Circuito	Descripción	Potencia (W)
CGMP-CSMP5-A1	Alumbrado balsa	81
CGMP-CSMP5-A2	Bomba	11000
Total		11081

Tabla 24. Descripción de los circuitos del Cuadro Secundario de Mando y Protección 5.

6. PREVISIÓN DE CARGA NECESARIA

Teniendo en cuenta que la energía necesaria que se puede demandar en un momento dado no sería toda la potencia calculada, se podría considerar un coeficiente de simultaneidad menor que 1 en las líneas de fuerza y/o alumbrado. Para el presente trabajo, se optará por una simultaneidad igual a 1 por si se diera el caso de una futura ampliación de la industria.

Por ello, la potencia total que se debe contratar será la suma de todas las potencias instaladas sin aplicar ningún factor reductor, es decir: 159511 W.

El I.C.P. seleccionado para la instalación lo establece la compañía suministradora en función de la potencia contratada. En este caso, el I.C.P. que limitará la potencia contratada se calcula a partir de la fórmula de la intensidad para sistemas trifásicos:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

V = Tensión de 400 V

P = Potencia contratada

I = Intensidad total que va a circular por el circuito

Cos φ = Factor de potencia: 0,8

$$I = \frac{159511}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 288 \text{ A}$$

Se elegirá el I.C.P. de un catálogo comercial cuyo valor sea inmediatamente superior a la intensidad antes calculada. Para este caso, el I.C.P. seleccionado será de 4 polos y de In = 400A.

Además, las líneas que alimenten a un motor o a varios deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad nominal del motor de mayor potencia. En cuanto a la iluminación, la potencia aparente mínima en voltiamperios (VA) se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

7. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

Se ha calculado la máxima intensidad que va a transcurrir por cada circuito, seleccionando la sección del cable de acuerdo a esta intensidad. Como muestra del método de cálculo se va a determinar la sección de una línea de alumbrado y de una de fuerza a modo de ejemplo.

- CGMP-CSMP1-A5: Alumbrado exterior edificio usos múltiples. Potencia: 486 W.

Al tratarse de una instalación de alumbrado se multiplica por 1,8, con lo que se obtiene una potencia de 874,8 W.

La fórmula del cálculo de la intensidad en circuitos monofásicos es:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$$

Con lo que se obtiene:

$$I = \frac{874,8}{230 \cdot 0,8} = 4,75 \text{ A}$$

El factor de simultaneidad es igual a 1, por lo que ese valor se mantiene.

Finalmente, se obtiene el valor de la sección del conductor de la tabla A.52-1 BIS de la norma UNE 20460-5-523:2004.

La columna que hay que seleccionar de la tabla para buscar la intensidad se obtienen del tipo de montaje (bandeja), el número de conductores (2, por ser monofásico) y el tipo de aislamiento (XLPE).

Con esto se obtiene una sección de 1,5 mm² en conductor de cobre.

Esta sección permitirá que la intensidad correspondiente pueda circular por el circuito sin que el cable se queme.

- CGMP-CSMP3-A6: Fuerza ventiladores edificio de fermentación 1. Potencia: 8000 W.

Al tratarse de un motor se multiplica por 1,25, con lo que se obtiene una potencia de 10000 W.

La fórmula del cálculo de la intensidad en circuitos trifásicos es:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Con lo que se obtiene:

$$I = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 18,04 \text{ A}$$

El factor de simultaneidad es igual a 1, por lo que ese valor se mantiene.

Finalmente, se obtiene el valor de la sección del conductor de la tabla A.52-1 BIS de la norma UNE 20460-5-523:2004.

La columna que hay que seleccionar de la tabla para buscar la intensidad se obtienen del tipo de montaje (bandeja), el número de conductores (3, por ser trifásico) y el tipo de aislamiento (XLPE).

Con esto se obtiene una sección de 2,5 mm² en conductor de cobre.

Esta sección permitirá que la intensidad correspondiente pueda circular por el circuito sin que el cable se queme.

8. CAÍDA DE TENSIÓN

Una vez determinada la sección, calcularemos la caída de tensión en el tramo aplicando las fórmulas vistas anteriormente.

Nuevamente, se desarrollará un ejemplo con las líneas anteriores.

- CGMP-CSMP1-A5: Alumbrado exterior edificio usos múltiples.

La fórmula del cálculo de la caída de tensión en circuitos monofásicos es:

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U_n}$$

Con lo que se obtiene:

$$e = \frac{2 \cdot 874,8 \cdot 45}{44 \cdot 1,5 \cdot 230} = 5,19$$

Su valor en tanto por ciento será:

$$e (\%) = e \cdot \frac{100}{V} = 5,19 \cdot \frac{100}{230} = 2,26 \%$$

- CGMP-CSMP3-A6: Fuerza ventiladores edificio de fermentación 1.

La fórmula del cálculo de la caída de tensión en circuitos monofásicos es:

$$e = \frac{P \cdot L}{K \cdot S \cdot U_n}$$

Con lo que se obtiene:

$$e = \frac{10000 \cdot 12}{44 \cdot 2,5 \cdot 400} = 2,73$$

Su valor en tanto por ciento será:

$$e (\%) = e \cdot \frac{100}{V} = 2,73 \cdot \frac{100}{400} = 0,68 \%$$

Se limitará la caída de tensión en toda la instalación a 3% para alumbrado y 5% para otros usos.

9. CANALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS CABLES

La sección del conductor neutra será, como mínimo, igual a la de las fases. La sección del conductor de protección se establecerá según:

Sección de conductores de fase (mm ²)	Sección mínima conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Tabla 25. Sección de los conductores de protección en relación a la sección de los conductores de fase.

Las canalizaciones serán tubos con un diámetro establecido según el número de conductores que lleva (5 en trifásico y 3 en monofásico) y la sección de los mismos, según ITC-BT-21.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Tabla 26. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Continuando con los mismos ejemplos anteriores se obtendría:

- CGMP-CSMP1-A5: Alumbrado exterior edificio usos múltiples.

Sección: 1,5 mm²

Ø tubo: 16 mm

Configuración del cable: 1x1,5mm²+1Nx1,5mm²+1Px1,5mm²

- CGMP-CSMP3-A6: Fuerza ventiladores edificio de fermentación 1.

Sección: 2,5 mm²

Ø tubo: 20 mm

10. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES

Cada circuito se protegerá contra sobreintensidades mediante un interruptor automático magnetotérmico (P.I.A.). Para su correcta elección se debe cumplir que la intensidad nominal sea mayor o igual que la intensidad nominal de la línea y menor o igual que la intensidad máxima admisible de los conductores.

Cada circuito o grupo de circuitos, según el caso, se protegerá contra contactos indirectos mediante la instalación de un interruptor diferencial que abrirá el circuito cuando detecte un fallo de aislamiento con contacto a tierra. Para su elección se debe cumplir que la intensidad nominal del mismo sea mayor que la intensidad de línea del circuito o conjunto de circuitos.

Su sensibilidad será de 30 mA en circuitos de alumbrado y tomas de corriente y, de 300 mA en circuitos de fuerza. Para la protección del conjunto de la instalación se ubicará en el C.G.M.P. un interruptor general automático de corte omnipolar (I.G.A.) y un interruptor de control de potencia (I.C.P.), cuya selección es competencia de la empresa suministradora de energía en función de la potencia contratada.

Continuando con los mismos ejemplos anteriores se obtendría:

- CGMP-CSMP1-A5: Alumbrado exterior edificio usos múltiples.

Intensidad máxima admisible correspondiente a la sección: 20 A

Intensidad de cálculo: 4,75 A

PIA: 2 polos, 10 A

Diferencial (A): 2 polos, 25 A. La sensibilidad será de 30 mA

- CGMP-CSMP3-A6: Fuerza ventiladores edificio de fermentación 1.

Intensidad máxima admisible correspondiente a la sección: 23 A

Intensidad de cálculo: 18,04 A

PIA: 4 polos, 20 A

Diferencial (A): 4 polos, 25 A. La sensibilidad será de 300 mA

11. CÁLCULO DE LA DERIVACIÓN INDIVIDUAL

Se debe cumplir con lo establecido en la ITC - BT - 15. Los datos para el cálculo son los siguientes:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Nivel de aislamiento: 1000V.
- Longitud: 35 m.
- Cos ϕ : 0,8
- Potencia que se debe instalar: 159511 V
- Aislamiento: XLPE
- C: 55,55 m/ Ωmm^2

$$I = \frac{159511}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 288 \text{ A}$$



SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tabla 27. Intensidad máxima disponible, en amperios, para cables con conductos de cobre en instalación enterrada (ITC-BT-07).

En base a la tabla adjunta extraída de la ITC - BT - 07, se opta por la configuración:

$$3 \times 95\text{mm}^2 + 1\text{N} \times 95\text{mm}^2 + 1\text{P} \times 50\text{mm}^2$$

El diámetro del tubo plástico que se va a instalar para cada circuito será de 140 mm, según tabla adjunta:

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	< 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	—

Tabla 27. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir. (Tubos en canalizaciones enterradas). (ITC - BT - 21).

Comprobación de la caída de la tensión:

$$e (\%) = \frac{159511 \cdot 35}{55,55 \cdot 140 \cdot 400^2} \cdot 100 = 0,44\%$$

Para la derivación individual se toleran caídas de tensión hasta un 1,5%, de manera que no superamos dicho valor, siendo válida la configuración escogida.

12. PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra consiste en la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos. El borne de puesta en tierra, ubicado en el CGMP, debe unir los conductores de protección de todos los circuitos con el conductor de tierra, que concluyen en los electrodos.

Un sistema de puesta a tierra tiene al menos un conductor (usualmente el neutro o punto común de la estrella) intencionalmente conectado a tierra. Esta conexión se realiza normalmente cerca de donde se unen los 3 enrollados individuales de un transformador trifásico, es decir el neutro o punto común de la estrella. Este sistema previene que el voltaje neutro a tierra varíe con la carga. La conexión a tierra reduce las fluctuaciones de voltaje y los desequilibrios que podrían ocurrir de otra forma.

El tipo de puesta en tierra se clasifica según el tipo de conexión instalada, siendo los principales:

- Sistema puesto a tierra mediante impedancia.
- Sistema puesto a tierra con baja impedancia.

La función del sistema de puesta a tierra es doble:

- Proporcionar un camino de impedancia suficientemente baja, vía los conductores de tierra, de regreso a la fuente de energía; de modo que ante una falla a tierra de un conductor activo, fluya por una ruta predeterminada una corriente suficiente que permita operar al dispositivo de protección del circuito.
- Limitar a un valor seguro la elevación de potencial en todas las estructuras metálicas a las cuales tienen normalmente acceso las personas, bajo condiciones normales o anormales del circuito. Prevenir la posibilidad de una diferencia de potencial que surja entre contactos metálicos adyacentes.

12.1. Resistencia de la toma de tierra.

El valor máximo de la resistencia a tierra se calcula según la siguiente expresión:

$$R_t \leq U_b / I_{\Delta n}$$

Donde:

R_t : resistencia máxima de puesta en tierra (Ω)

U_b : tensión de contacto máxima admisible (24 V instalaciones húmedas y 50 V en instalaciones secas)

$I_{\Delta n}$: sensibilidad del interruptor diferencial (300 mA)

$$R_t \leq \frac{24}{0,3} = 80 \Omega$$

13. CÁLCULO DE LA LONGITUD DEL ELECTRODO

Se utilizan picas que consisten en barras de cobre de $\varnothing_{\text{ext}} > 14 \text{ mm}$ a modo de electrodos, teniendo en cuenta que su longitud deberá ser superior o igual a 2 m y que la separación entre picas debe ser superior a su longitud.

La longitud necesaria se calcula mediante:

$$L = \frac{\rho}{R_t}$$

Donde:

L: longitud de la pica vertical (m)

R_t: resistencia máxima de la puesta en tierra (Ω)

ρ : resistividad del terreno (500 Ω , terrenos cultivables poco fértiles)

$$L = \frac{500}{80} = 6,25 \text{ m}$$

Se va a optar por colocar 4 picas de toma a tierra de 2 m de longitud, separadas 2 m de distancia entre ellas como mínimo. El conductor de tierra que conectará las picas será de cobre con una sección de 35 mm².

14. RESULTADOS OBTENIDOS

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 12. Instalación eléctrica

Línea	Distancia (m)	Potencia (W)	Factor f	Pot. cálculo (W)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Sección (mm ²)	Conduct.	c.d.t.	c.d.t. %	Configuración del cable	Canalización
CGMP-CSMP1-A1	26,35	495	1,8	891	230	4,84	1,5	44	3,09	1,34	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP1-A2	21,5	454	1,8	817,2	230	4,44	1,5	44	2,31	1,01	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP1-A3	22,4	454	1,8	817,2	230	4,44	1,5	44	2,41	1,05	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP1-A4	31,7	1100	1,8	1980	230	10,76	2,5	44	4,96	2,16	1x2,5mm ² +1Nx2,5mm ² +1Px2,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP1-A5	45	486	1,8	874,8	230	4,75	1,5	44	5,19	2,26	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP1-A6	28,75	12750	1,25	15937,5	230	86,62	25	44	3,62	1,57	1x25mm ² +1Nx25mm ² +1Px25mm ²	Band 60x300mm tubo Ø32mm
CGMP-CSMP1-A7	19	14000	1,25	17500	230	95,11	25	44	2,63	1,14	1x25mm ² +1Nx25mm ² +1Px25mm ³	Band 60x300mm tubo Ø32mm
CGMP-CSMP1-A8	19,9	14000	1,25	17500	230	95,11	25	44	2,75	1,20	1x25mm ² +1Nx25mm ² +1Px25mm ⁴	Band 60x300mm tubo Ø32mm
CGMP-CSMP2-A1	19,1	376	1,8	676,8	230	3,68	1,5	44	1,70	0,74	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP2-A2	44,2	550	1,8	990	230	5,38	1,5	44	5,77	2,51	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP2-A3	39	300	1,8	540	230	2,93	1,5	44	2,77	1,21	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP2-A4	38,5	243	1,8	437,4	230	2,38	1,5	44	2,22	0,96	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP2-A5	12,63	8000	1,25	10000	230	54,35	10	44	2,50	1,09	1x10mm ² +1Nx10mm ² +1Px10mm ²	Band 60x300mm tubo Ø25mm
CGMP-CSMP3-A1	31,1	165	1,8	297	230	1,61	1,5	44	1,22	0,53	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP3-A2	27,6	180	1,8	324	230	1,76	1,5	44	1,18	0,51	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP3-A3	27,6	180	1,8	324	230	1,76	1,5	44	1,18	0,51	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 12. Instalación eléctrica

Línea	Distancia (m)	Potencia (W)	Factor f	Pot. cálculo (W)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Sección (mm ²)	Conduct.	c.d.t.	c.d.t. %	Configuración del cable	Canalización
CGMP-CSMP3-A4	26	200	1,8	360	230	1,96	1,5	44	1,23	0,54	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP3-A5	41,17	486	1,8	874,8	230	4,75	1,5	44	4,75	2,06	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP3-A6	12	8000	1,25	10000	400	18,04	2,5	44	2,73	0,68	3x2,5mm ² +1Nx2,5mm ² +1Px2,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø20mm
CGMP-CSMP3-A7	45	11000	1,25	13750	400	24,81	4	44	8,79	2,20	3x4mm ² +1Nx4mm ² +1Px4mm ²	Band 60x300mm tubo Ø20mm
CGMP-CSMP3-A8	12,3	800	1,25	1000	400	1,80	1,5	44	0,47	0,12	3x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP4-A1	31,1	165	1,8	297	230	1,61	1,5	44	1,22	0,53	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP4-A2	27,6	180	1,8	324	230	1,76	1,5	44	1,18	0,51	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP4-A3	27,6	180	1,8	324	230	1,76	1,5	44	1,18	0,51	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP4-A4	26	200	1,8	360	230	1,96	1,5	44	1,23	0,54	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP4-A5	41,17	486	1,8	874,8	230	4,75	1,5	44	4,75	2,06	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP4-A6	12	8000	1,25	10000	400	18,04	4	44	1,70	0,43	3x4mm ² +1Nx4mm ² +1Px4mm ²	Band 60x300mm tubo Ø20mm
CGMP-CSMP4-A7	7	65000	1,25	81250	400	146,59	70	44	0,46	0,12	3x70mm ² +1Nx70mm ² +1Px70mm ²	Band 60x300mm tubo Ø63mm
CGMP-CSMP5-A1	3,22	81	1,8	145,8	230	0,79	1,5	44	0,06	0,03	1x1,5mm ² +1Nx1,5mm ² +1Px1,5mm ²	Band 60x300mm tubo Ø16mm
CGMP-CSMP5-A2	9,2	11000	1,25	13750	400	24,81	4	44	1,80	0,45	3x4mm ² +1Nx4mm ² +1Px4mm ²	Band 60x300mm tubo Ø20mm

Tabla 28. Resultados del cálculo de los diferentes conductores de la instalación eléctrica de la planta de compostaje.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 12. Instalación eléctrica

Línea	Intensidad de arranque (A)	Intensidad máxima (A)	Protección (A)	Diferencial	PIA	Intensidad (A)	Suma
CGMP-CSMP1-A1	6	20	2x10	2x25A (30mA)	2x40A	4,84	29,24
CGMP-CSMP1-A2	6	20	2x10			4,44	
CGMP-CSMP1-A3	6	20	2x10			4,44	
CGMP-CSMP1-A4	16	26,5	2x16	-		10,76	
CGMP-CSMP1-A5	6	20	2x10	2x25A (30mA)		4,75	
CGMP-CSMP1-A6	100	110	2x100	2x100A (30mA)		86,62	
CGMP-CSMP1-A7	100	110	2x100	2x100A (30mA)		95,11	
CGMP-CSMP1-A8	100	110	2x100	2x100A (30mA)		95,11	
CGMP-CSMP2-A1	4	20	2x10	2x25A (30mA)	2x25A	3,68	14,37
CGMP-CSMP2-A2	6	20	2x10			5,38	
CGMP-CSMP2-A3	4	20	2x10	-		2,93	
CGMP-CSMP2-A4	4	20	2x10	2x25A (30mA)		2,38	
CGMP-CSMP2-A5	63	65	2x63	2x63A (30mA)		54,35	
CGMP-CSMP3-A1	2	20	2x10	2x25A (30mA)	2x25A	1,61	11,85
CGMP-CSMP3-A2	2	20	2x10			1,76	
CGMP-CSMP3-A3	2	20	2x10			1,76	
CGMP-CSMP3-A4	2	20	2x10	-		1,96	
CGMP-CSMP3-A5	6	20	2x10	2x25A (30mA)		4,75	
CGMP-CSMP3-A6	20	23	4x20	4x25A (300mA)		18,04	
CGMP-CSMP3-A7	25	31	4x25	4x25A (300mA)		24,81	
CGMP-CSMP3-A8	2	16,5	4x10	4x25A (300mA)		1,80	

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 12. Instalación eléctrica

Línea	Intensidad de arranque (A)	Intensidad máxima (A)	Protección (A)	Diferencial	PIA	Intensidad (A)	Suma
CGMP-CSMP4-A1	2	20	2x10	2x40A (30mA)	2x25A	1,61	11,85
CGMP-CSMP4-A2	2	20	2x10			1,76	
CGMP-CSMP4-A3	2	20	2x10			1,76	
CGMP-CSMP4-A4	2	20	2x10	-		1,96	
CGMP-CSMP4-A5	6	20	2x10	2x25A (30mA)		4,75	
CGMP-CSMP4-A6	20	31	4x25	4x25A (300mA)		18,04	
CGMP-CSMP4-A7	160	185	4x160	4x200A (300mA)		146,59	
CGMP-CSMP5-A1	2	20	2x10	2x25A (30mA)		0,79	
CGMP-CSMP5-A2	25	31	4x25	4x25A (300mA)		24,81	

Tabla 29. Resultados del cálculo de las diferentes protecciones de la instalación eléctrica de la planta de compostaje.

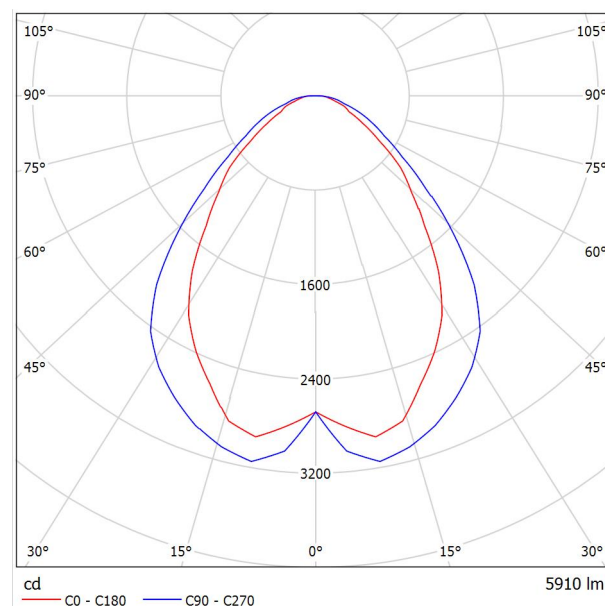
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 15.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 62 88 97 100 100

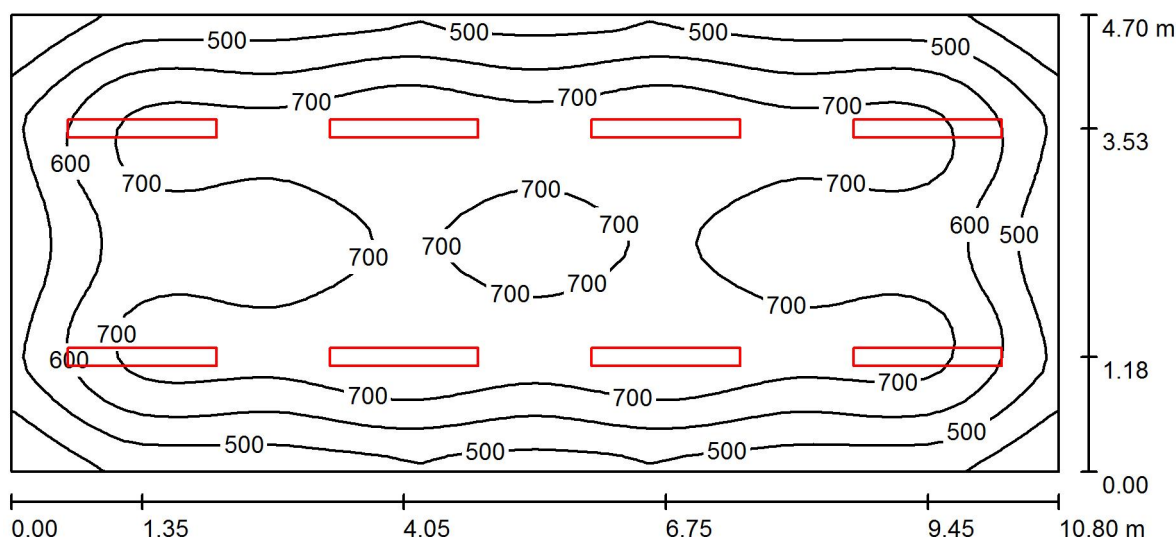
Cuerpo de luminaria:

Fabricada en aluminio de extrusión termoesmaltado en color blanco.
Luminaria completa lista para instalar y conectar sin necesidad de apertura del cuerpo luminoso. Montaje: suspendido individualmente sobre carril portante precableado de 5 ó 7 polos x 2,5 mm². Ver accesorios. Equipo electrónico: 220-240 V 50-60 Hz. Bajo pedido: 110-240 V/ 50-60 Hz. Factor de potencia corregido 0,97. Componente óptico:
Reflector interior ultrablanco combinado con cuerpo principal en aluminio optimizado para tecnología LED. Conjunto óptico asociado a la aplicación. La nueva tecnología de ópticas ofrece una total uniformidad en el difusor. La estructura microprismática de alta transparencia está formada por una matriz de microprismas de base hexagonal para un total control del deslumbramiento. Fuente de luz: LED840 con alta selección de binning (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30		
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.4	18.5	17.7	18.7	19.0	18.8	19.9	19.1	20.1	20.3	
	3H	18.1	19.2	18.5	19.4	19.7	19.8	20.8	20.1	21.0	21.3	
	4H	18.5	19.4	18.8	19.7	20.0	20.2	21.1	20.5	21.4	21.7	
	6H	18.8	19.7	19.2	20.0	20.3	20.6	21.5	20.9	21.8	22.1	
	8H	19.0	19.8	19.3	20.1	20.4	20.8	21.6	21.2	21.9	22.3	
	12H	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6	21.0	21.8	21.4	22.1	22.4	
4H	2H	17.8	18.7	18.1	19.0	19.3	19.0	19.9	19.3	20.2	20.5	
	3H	18.7	19.5	19.1	19.8	20.2	20.1	20.9	20.5	21.3	21.6	
	4H	19.2	19.9	19.6	20.2	20.6	20.7	21.4	21.1	21.7	22.1	
	6H	19.6	20.2	20.0	20.6	21.0	21.2	21.8	21.6	22.2	22.6	
	8H	19.9	20.4	20.3	20.8	21.2	21.5	22.1	22.0	22.5	22.9	
	12H	20.1	20.7	20.6	21.1	21.5	21.8	22.3	22.2	22.7	23.1	
8H	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.3	21.2	21.7	22.1	
	6H	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	
	8H	20.3	20.7	20.8	21.1	21.6	21.8	22.2	22.3	22.7	23.1	
	12H	20.7	21.0	21.2	21.5	22.0	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	
	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.2	21.2	21.7	22.1	
	6H	20.0	20.4	20.5	20.9	21.3	21.5	21.9	21.9	22.3	22.8	
12H	8H	20.4	20.7	20.9	21.2	21.7	21.9	22.2	22.4	22.7	23.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H		+0.5 / -1.0					+0.7 / -0.7					
S = 2.0H		+1.1 / -1.4					+1.5 / -1.0					
Tabla estándar		BK04					BK05					
Sumando de corrección		2.6					4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5910lm Flujo luminoso total												

Laboratorio / Resumen



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:78

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	635	308	802	0.485
Suelo	30	561	321	676	0.573
Techo	50	127	85	149	0.675
Paredes (4)	50	237	80	477	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	19	21	
Trama:	64 x 32 Puntos	Pared inferior	20	21	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI (1.000)	5910	5910	55.0
Total:			47280	47280	440.0

Valor de eficiencia energética: $8.67 \text{ W/m}^2 = 1.36 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 50.76 m^2)



Universidad de La Rioja

Proyecto elaborado por Viviana Amigo

Teléfono

Fax

e-Mail

Laboratorio / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m

Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

Altura del local: 4.000 m

Base: 50.76 m²



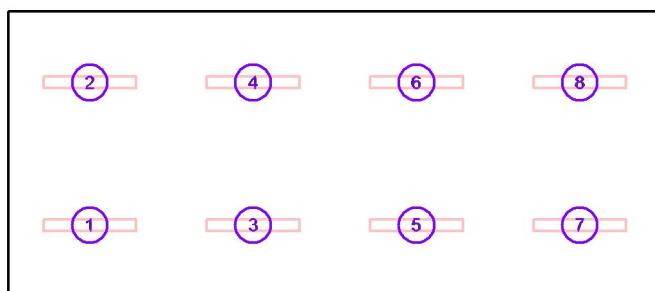
Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(10.800 0.000)	10.800
Pared 2	50	(10.800 0.000)	(10.800 4.700)	4.700
Pared 3	50	(10.800 4.700)	(0.000 4.700)	10.800
Pared 4	50	(0.000 4.700)	(0.000 0.000)	4.700



Laboratorio / Luminarias (lista de coordenadas)

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI

5910 lm, 55.0 W, 1 x 1 x LED840 55W/OD-5950 LED G2 Estándar (Factor de corrección 1.000).



Nº	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	1.350	1.180	3.000	0.0	0.0	90.0
2	1.350	3.530	3.000	0.0	0.0	90.0
3	4.050	1.180	3.000	0.0	0.0	90.0
4	4.050	3.530	3.000	0.0	0.0	90.0
5	6.750	1.180	3.000	0.0	0.0	90.0
6	6.750	3.530	3.000	0.0	0.0	90.0
7	9.450	1.180	3.000	0.0	0.0	90.0
8	9.450	3.530	3.000	0.0	0.0	90.0

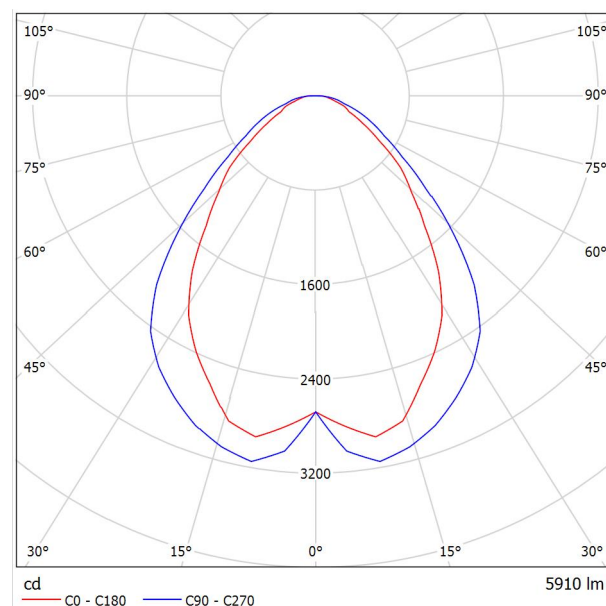
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 15.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



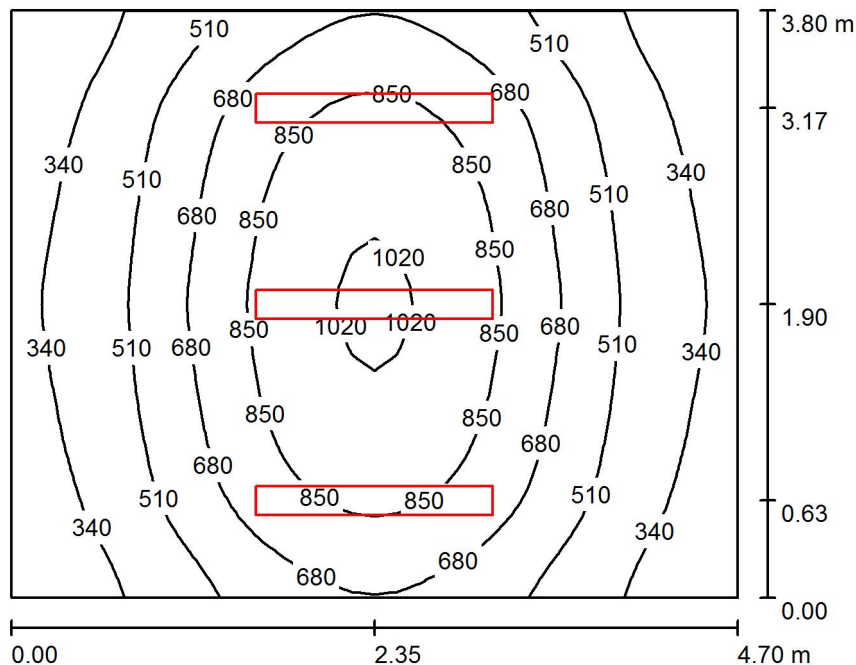
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 62 88 97 100 100

Cuerpo de luminaria:
Fabricada en aluminio de extrusión termoesmaltado en color blanco.
Luminaria completa lista para instalar y conectar sin necesidad de apertura del cuerpo luminoso. Montaje: suspendido individualmente sobre carril portante precableado de 5 ó 7 polos x 2,5 mm². Ver accesorios. Equipo electrónico: 220-240 V 50-60 Hz. Bajo pedido: 110-240 V/ 50-60 Hz. Factor de potencia corregido 0,97. Componente óptico:
Reflector interior ultrablanco combinado con cuerpo principal en aluminio optimizado para tecnología LED. Conjunto óptico asociado a la aplicación. La nueva tecnología de ópticas ofrece una total uniformidad en el difusor. La estructura microprismática de alta transparencia está formada por una matriz de microprismas de base hexagonal para un total control del deslumbramiento. Fuente de luz: LED840 con alta selección de binning (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.4	18.5	17.7	18.7	19.0	18.8	19.9	19.1	20.1	20.3	
	3H	18.1	19.2	18.5	19.4	19.7	19.8	20.8	20.1	21.0	21.3	
	4H	18.5	19.4	18.8	19.7	20.0	20.2	21.1	20.5	21.4	21.7	
	6H	18.8	19.7	19.2	20.0	20.3	20.6	21.5	20.9	21.8	22.1	
	8H	19.0	19.8	19.3	20.1	20.4	20.8	21.6	21.2	21.9	22.3	
	12H	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6	21.0	21.8	21.4	22.1	22.4	
4H	2H	17.8	18.7	18.1	19.0	19.3	19.0	19.9	19.3	20.2	20.5	
	3H	18.7	19.5	19.1	19.8	20.2	20.1	20.9	20.5	21.3	21.6	
	4H	19.2	19.9	19.6	20.2	20.6	20.7	21.4	21.1	21.7	22.1	
	6H	19.6	20.2	20.0	20.6	21.0	21.2	21.8	21.6	22.2	22.6	
	8H	19.9	20.4	20.3	20.8	21.2	21.5	22.1	22.0	22.5	22.9	
	12H	20.1	20.7	20.6	21.1	21.5	21.8	22.3	22.2	22.7	23.1	
8H	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.3	21.2	21.7	22.1	
	6H	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	
	8H	20.3	20.7	20.8	21.1	21.6	21.8	22.2	22.3	22.7	23.1	
	12H	20.7	21.0	21.2	21.5	22.0	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	
	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.2	21.2	21.7	22.1	
	6H	20.0	20.4	20.5	20.9	21.3	21.5	21.9	21.9	22.3	22.8	
12H	8H	20.4	20.7	20.9	21.2	21.7	21.9	22.2	22.4	22.7	23.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H		+0.5 / -1.0					+0.7 / -0.7					
S = 2.0H		+1.1 / -1.4					+1.5 / -1.0					
Tabla estándar		BK04					BK05					
Sumando de corrección		2.6					4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5910lm Flujo luminoso total												

Oficina / Resumen



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:49

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	609	226	1048	0.371
Suelo	30	503	279	715	0.554
Techo	50	116	79	141	0.683
Paredes (4)	50	231	73	701	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	18	20	
Trama:	32 x 32 Puntos	Pared inferior	18	19	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI (1.000)	5910	5910	55.0
Total:			17730	17730	165.0

Valor de eficiencia energética: $9.24 \text{ W/m}^2 = 1.52 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 17.86 m^2)



Universidad de La Rioja

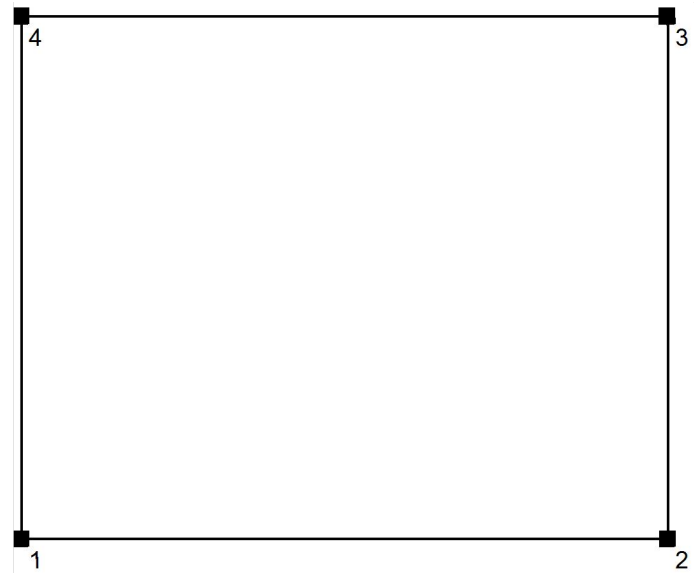
Proyecto elaborado por Viviana Amigo
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Oficina / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
 Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

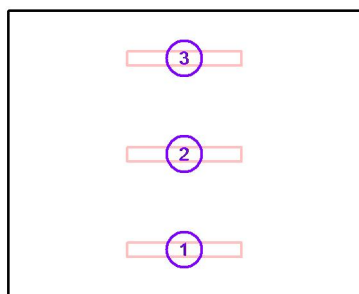
Altura del local: 3.500 m
 Base: 17.86 m²



Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(4.700 0.000)	4.700
Pared 2	50	(4.700 0.000)	(4.700 3.800)	3.800
Pared 3	50	(4.700 3.800)	(0.000 3.800)	4.700
Pared 4	50	(0.000 3.800)	(0.000 0.000)	3.800

**Oficina / Luminarias (lista de coordenadas)****LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI**

5910 lm, 55.0 W, 1 x 1 x LED840 55W/OD-5950 LED G2 Estándar (Factor de corrección 1.000).



Nº	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	2.350	0.630	3.000	0.0	0.0	90.0
2	2.350	1.900	3.000	0.0	0.0	90.0
3	2.350	3.170	3.000	0.0	0.0	90.0

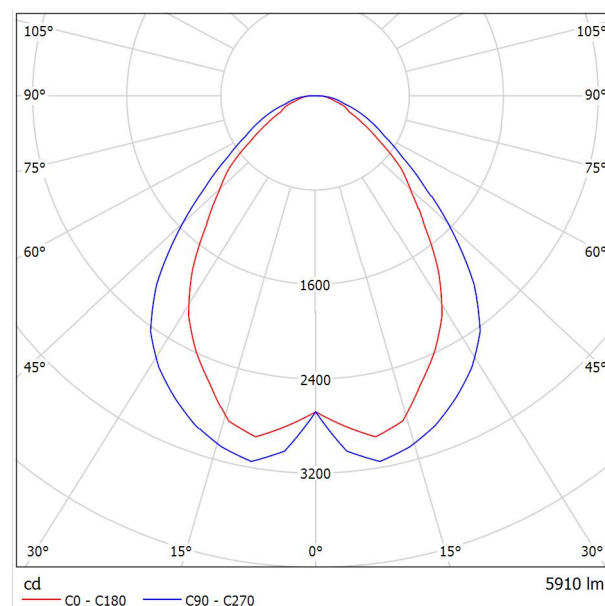
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 15.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 62 88 97 100 100

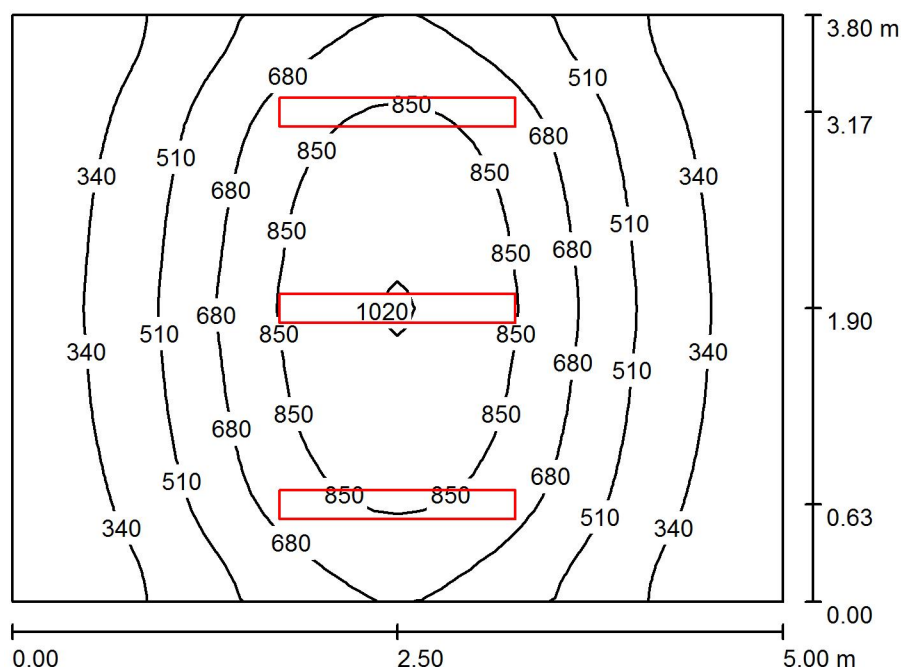
Cuerpo de luminaria:

Fabricada en aluminio de extrusión termoesmaltado en color blanco. Luminaria completa lista para instalar y conectar sin necesidad de apertura del cuerpo luminoso. Montaje: suspendido individualmente sobre carril portante precableado de 5 ó 7 polos x 2,5 mm². Ver accesorios. Equipo electrónico: 220-240 V 50-60 Hz. Bajo pedido: 110-240 V/ 50-60 Hz. Factor de potencia corregido 0,97. Componente óptico: Reflector interior ultrablanco combinado con cuerpo principal en aluminio optimizado para tecnología LED. Conjunto óptico asociado a la aplicación. La nueva tecnología de ópticas ofrece una total uniformidad en el difusor. La estructura microprismática de alta transparencia está formada por una matriz de microprismas de base hexagonal para un total control del deslumbramiento. Fuente de luz: LED840 con alta selección de binning (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.4	18.5	17.7	18.7	19.0	18.8	19.9	19.1	20.1	20.3	
	3H	18.1	19.2	18.5	19.4	19.7	19.8	20.8	20.1	21.0	21.3	
	4H	18.5	19.4	18.8	19.7	20.0	20.2	21.1	20.5	21.4	21.7	
	6H	18.8	19.7	19.2	20.0	20.3	20.6	21.5	20.9	21.8	22.1	
	8H	19.0	19.8	19.3	20.1	20.4	20.8	21.6	21.2	21.9	22.3	
	12H	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6	21.0	21.8	21.4	22.1	22.4	
4H	2H	17.8	18.7	18.1	19.0	19.3	19.0	19.9	19.3	20.2	20.5	
	3H	18.7	19.5	19.1	19.8	20.2	20.1	20.9	20.5	21.3	21.6	
	4H	19.2	19.9	19.6	20.2	20.6	20.7	21.4	21.1	21.7	22.1	
	6H	19.6	20.2	20.0	20.6	21.0	21.2	21.8	21.6	22.2	22.6	
	8H	19.9	20.4	20.3	20.8	21.2	21.5	22.1	22.0	22.5	22.9	
	12H	20.1	20.7	20.6	21.1	21.5	21.8	22.3	22.2	22.7	23.1	
8H	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.3	21.2	21.7	22.1	
	6H	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	
	8H	20.3	20.7	20.8	21.1	21.6	21.8	22.2	22.3	22.7	23.1	
	12H	20.7	21.0	21.2	21.5	22.0	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	
	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.2	21.2	21.7	22.1	
	6H	20.0	20.4	20.5	20.9	21.3	21.5	21.9	21.9	22.3	22.8	
12H	8H	20.4	20.7	20.9	21.2	21.7	21.9	22.2	22.4	22.7	23.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H		+0.5 / -1.0					+0.7 / -0.7					
S = 2.0H		+1.1 / -1.4					+1.5 / -1.0					
Tabla estándar		BK04					BK05					
Sumando de corrección		2.6					4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5910lm Flujo luminoso total												

Despacho / Resumen



Altura del local: 4.500 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:49

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	574	205	1032	0.357
Suelo	30	478	253	702	0.529
Techo	50	83	66	99	0.794
Paredes (4)	50	179	53	697	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	18	20	
Trama:	32 x 32 Puntos	Pared inferior	18	19	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI (1.000)	5910	5910	55.0
Total:			17730	17730	165.0

Valor de eficiencia energética: $8.68 \text{ W/m}^2 = 1.51 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 19.00 m^2)



Universidad de La Rioja

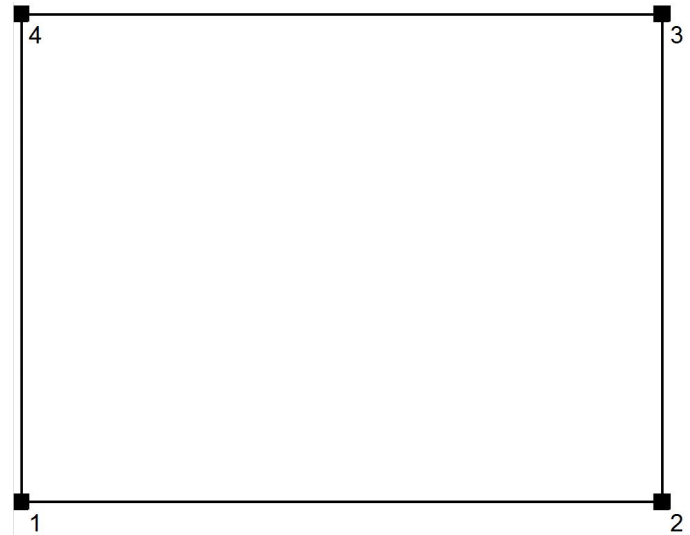
Proyecto elaborado por Viviana Amigo
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Despacho / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
 Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

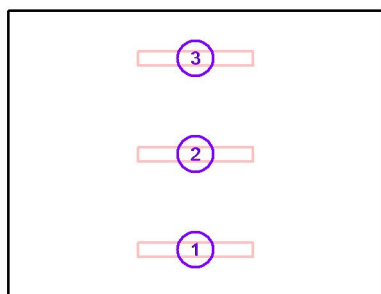
Altura del local: 4.500 m
 Base: 19.00 m²



Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(5.000 0.000)	5.000
Pared 2	50	(5.000 0.000)	(5.000 3.800)	3.800
Pared 3	50	(5.000 3.800)	(0.000 3.800)	5.000
Pared 4	50	(0.000 3.800)	(0.000 0.000)	3.800

**Despacho / Luminarias (lista de coordenadas)****LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI**

5910 lm, 55.0 W, 1 x 1 x LED840 55W/OD-5950 LED G2 Estándar (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	2.500	0.630	3.000	0.0	0.0	90.0
2	2.500	1.900	3.000	0.0	0.0	90.0
3	2.500	3.170	3.000	0.0	0.0	90.0

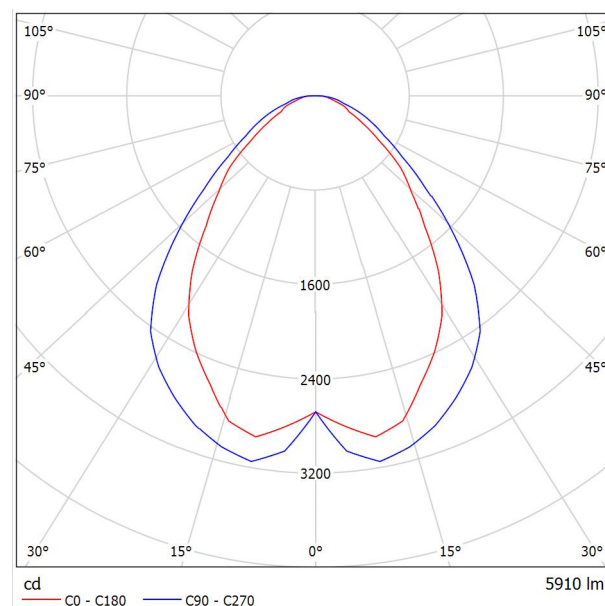
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 15.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 62 88 97 100 100

Cuerpo de luminaria:

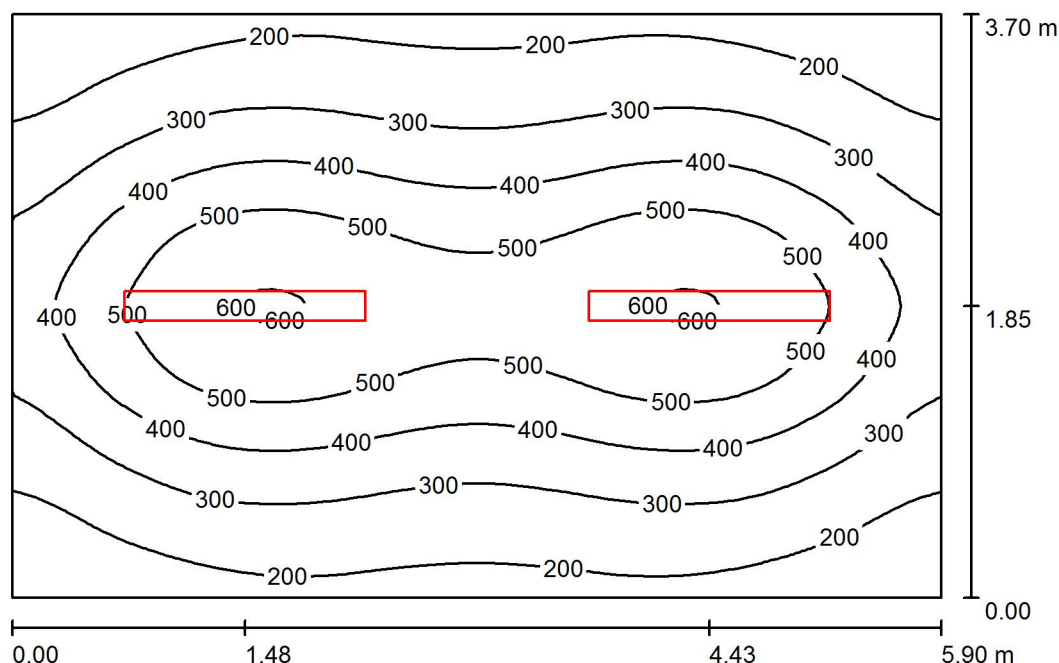
Fabricada en aluminio de extrusión termoesmaltado en color blanco. Luminaria completa lista para instalar y conectar sin necesidad de apertura del cuerpo luminoso. Montaje: suspendido individualmente sobre carril portante precableado de 5 ó 7 polos x 2,5 mm². Ver accesorios. Equipo electrónico: 220-240 V 50-60 Hz. Bajo pedido: 110-240 V/ 50-60 Hz. Factor de potencia corregido 0,97. Componente óptico: Reflector interior ultrablanco combinado con cuerpo principal en aluminio optimizado para tecnología LED. Conjunto óptico asociado a la aplicación. La nueva tecnología de ópticas ofrece una total uniformidad en el difusor. La estructura microprismática de alta transparencia está formada por una matriz de microprismas de base hexagonal para un total control del deslumbramiento. Fuente de luz: LED840 con alta selección de binning (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30		
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.4	18.5	17.7	18.7	19.0	18.8	19.9	19.1	20.1	20.3	
	3H	18.1	19.2	18.5	19.4	19.7	19.8	20.8	20.1	21.0	21.3	
	4H	18.5	19.4	18.8	19.7	20.0	20.2	21.1	20.5	21.4	21.7	
	6H	18.8	19.7	19.2	20.0	20.3	20.6	21.5	20.9	21.8	22.1	
	8H	19.0	19.8	19.3	20.1	20.4	20.8	21.6	21.2	21.9	22.3	
	12H	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6	21.0	21.8	21.4	22.1	22.4	
4H	2H	17.8	18.7	18.1	19.0	19.3	19.0	19.9	19.3	20.2	20.5	
	3H	18.7	19.5	19.1	19.8	20.2	20.1	20.9	20.5	21.3	21.6	
	4H	19.2	19.9	19.6	20.2	20.6	20.7	21.4	21.1	21.7	22.1	
	6H	19.6	20.2	20.0	20.6	21.0	21.2	21.8	21.6	22.2	22.6	
	8H	19.9	20.4	20.3	20.8	21.2	21.5	22.1	22.0	22.5	22.9	
	12H	20.1	20.7	20.6	21.1	21.5	21.8	22.3	22.2	22.7	23.1	
8H	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.3	21.2	21.7	22.1	
	6H	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	
	8H	20.3	20.7	20.8	21.1	21.6	21.8	22.2	22.3	22.7	23.1	
	12H	20.7	21.0	21.2	21.5	22.0	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	
	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.2	21.2	21.7	22.1	
	6H	20.0	20.4	20.5	20.9	21.3	21.5	21.9	21.9	22.3	22.8	
12H	8H	20.4	20.7	20.9	21.2	21.7	21.9	22.2	22.4	22.7	23.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H		+0.5 / -1.0					+0.7 / -0.7					
S = 2.0H		+1.1 / -1.4					+1.5 / -1.0					
Tabla estándar		BK04					BK05					
Sumando de corrección		2.6					4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5910lm Flujo luminoso total												



Recepción / Resumen



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:48

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	354	133	610	0.377
Suelo	30	294	161	421	0.546
Techo	50	64	47	74	0.725
Paredes (4)	50	127	41	327	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	18	20	
Trama:	64 x 64 Puntos	Pared inferior	18	19	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI (1.000)	5910	5910	55.0
Total:			11820	11820	110.0

Valor de eficiencia energética: $5.04 \text{ W/m}^2 = 1.42 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 21.83 m^2)



Universidad de La Rioja

Proyecto elaborado por Viviana Amigo
Teléfono
Fax
e-Mail

Recepción / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

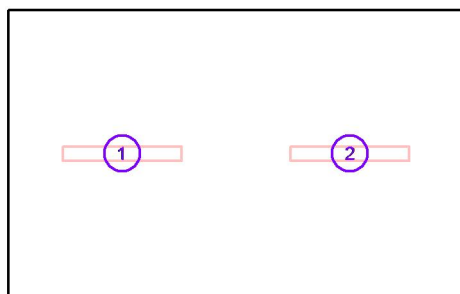
Altura del local: 3.500 m
Base: 21.83 m²



Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(5.900 0.000)	5.900
Pared 2	50	(5.900 0.000)	(5.900 3.700)	3.700
Pared 3	50	(5.900 3.700)	(0.000 3.700)	5.900
Pared 4	50	(0.000 3.700)	(0.000 0.000)	3.700

**Recepción / Luminarias (lista de coordenadas)****LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI**

5910 lm, 55.0 W, 1 x 1 x LED840 55W/OD-5950 LED G2 Estándar (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]		Z	Rotación [°]		Z
	X	Y		X	Y	
1	1.480	1.850	3.000	0.0	0.0	90.0
2	4.430	1.850	3.000	0.0	0.0	90.0

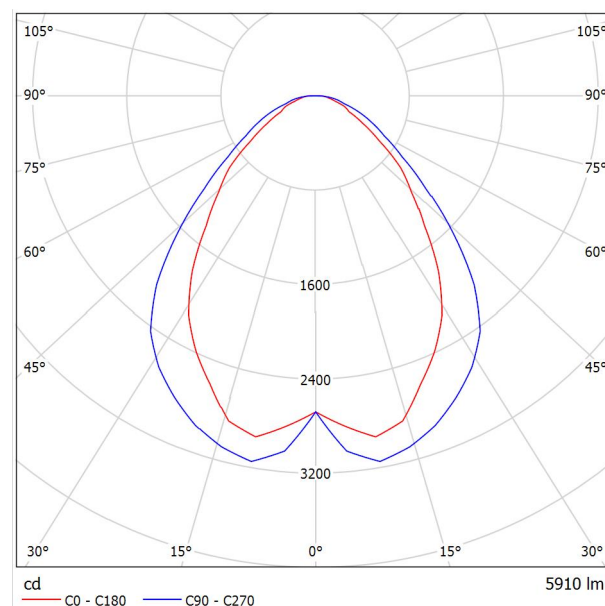
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 15.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 62 88 97 100 100

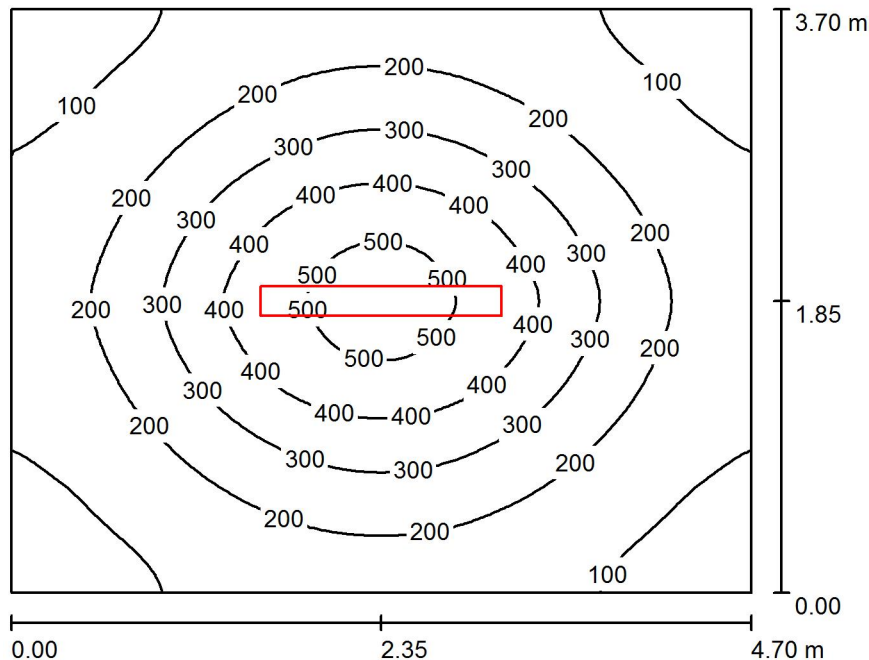
Cuerpo de luminaria:

Fabricada en aluminio de extrusión termoesmaltado en color blanco. Luminaria completa lista para instalar y conectar sin necesidad de apertura del cuerpo luminoso. Montaje: suspendido individualmente sobre carril portante precableado de 5 ó 7 polos x 2,5 mm². Ver accesorios. Equipo electrónico: 220-240 V 50-60 Hz. Bajo pedido: 110-240 V/ 50-60 Hz. Factor de potencia corregido 0,97. Componente óptico: Reflector interior ultrablanco combinado con cuerpo principal en aluminio optimizado para tecnología LED. Conjunto óptico asociado a la aplicación. La nueva tecnología de ópticas ofrece una total uniformidad en el difusor. La estructura microprismática de alta transparencia está formada por una matriz de microprismas de base hexagonal para un total control del deslumbramiento. Fuente de luz: LED840 con alta selección de binning (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30		
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.4	18.5	17.7	18.7	19.0	18.8	19.9	19.1	20.1	20.3	
	3H	18.1	19.2	18.5	19.4	19.7	19.8	20.8	20.1	21.0	21.3	
	4H	18.5	19.4	18.8	19.7	20.0	20.2	21.1	20.5	21.4	21.7	
	6H	18.8	19.7	19.2	20.0	20.3	20.6	21.5	20.9	21.8	22.1	
	8H	19.0	19.8	19.3	20.1	20.4	20.8	21.6	21.2	21.9	22.3	
	12H	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6	21.0	21.8	21.4	22.1	22.4	
4H	2H	17.8	18.7	18.1	19.0	19.3	19.0	19.9	19.3	20.2	20.5	
	3H	18.7	19.5	19.1	19.8	20.2	20.1	20.9	20.5	21.3	21.6	
	4H	19.2	19.9	19.6	20.2	20.6	20.7	21.4	21.1	21.7	22.1	
	6H	19.6	20.2	20.0	20.6	21.0	21.2	21.8	21.6	22.2	22.6	
	8H	19.9	20.4	20.3	20.8	21.2	21.5	22.1	22.0	22.5	22.9	
	12H	20.1	20.7	20.6	21.1	21.5	21.8	22.3	22.2	22.7	23.1	
8H	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.3	21.2	21.7	22.1	
	6H	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	
	8H	20.3	20.7	20.8	21.1	21.6	21.8	22.2	22.3	22.7	23.1	
	12H	20.7	21.0	21.2	21.5	22.0	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	
	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.2	21.2	21.7	22.1	
	6H	20.0	20.4	20.5	20.9	21.3	21.5	21.9	21.9	22.3	22.8	
12H	8H	20.4	20.7	20.9	21.2	21.7	21.9	22.2	22.4	22.7	23.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H		+0.5 / -1.0					+0.7 / -0.7					
S = 2.0H		+1.1 / -1.4					+1.5 / -1.0					
Tabla estándar		BK04					BK05					
Sumando de corrección		2.6					4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5910lm Flujo luminoso total												

Sala de control / Resumen



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:48

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	228	65	544	0.285
Suelo	30	187	88	301	0.468
Techo	50	37	26	44	0.700
Paredes (4)	50	72	23	136	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	18	20	
Trama:	64 x 64 Puntos	Pared inferior	18	19	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI (1.000)	5910	5910	55.0
Total:			5910	5910	55.0

Valor de eficiencia energética: $3.16 \text{ W/m}^2 = 1.39 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 17.39 m^2)



Universidad de La Rioja

Proyecto elaborado por Viviana Amigo
Teléfono
Fax
e-Mail

Sala de control / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

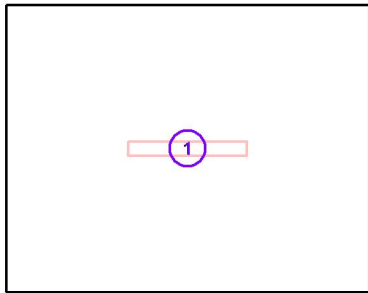
Altura del local: 3.500 m
Base: 17.39 m²



Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(4.700 0.000)	4.700
Pared 2	50	(4.700 0.000)	(4.700 3.700)	3.700
Pared 3	50	(4.700 3.700)	(0.000 3.700)	4.700
Pared 4	50	(0.000 3.700)	(0.000 0.000)	3.700

**Sala de control / Luminarias (lista de coordenadas)****LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI**

5910 lm, 55.0 W, 1 x 1 x LED840 55W/OD-5950 LED G2 Estándar (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]		Z	Rotación [°]		Z
	X	Y		X	Y	
1	2.350	1.850	3.000	0.0	0.0	90.0

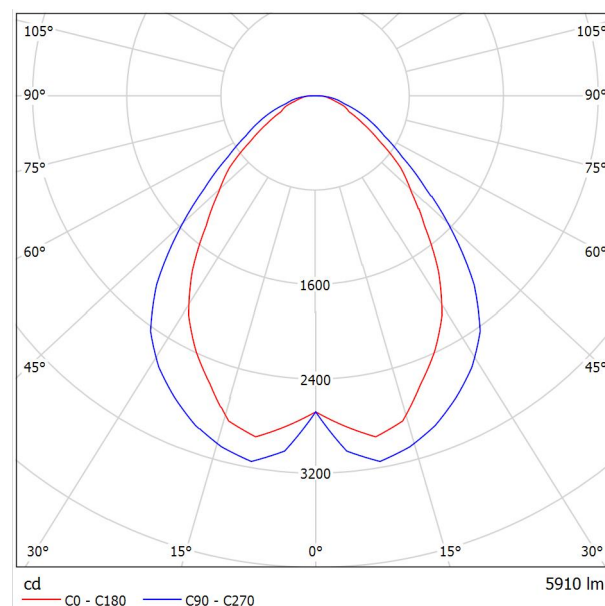
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 15.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 62 88 97 100 100

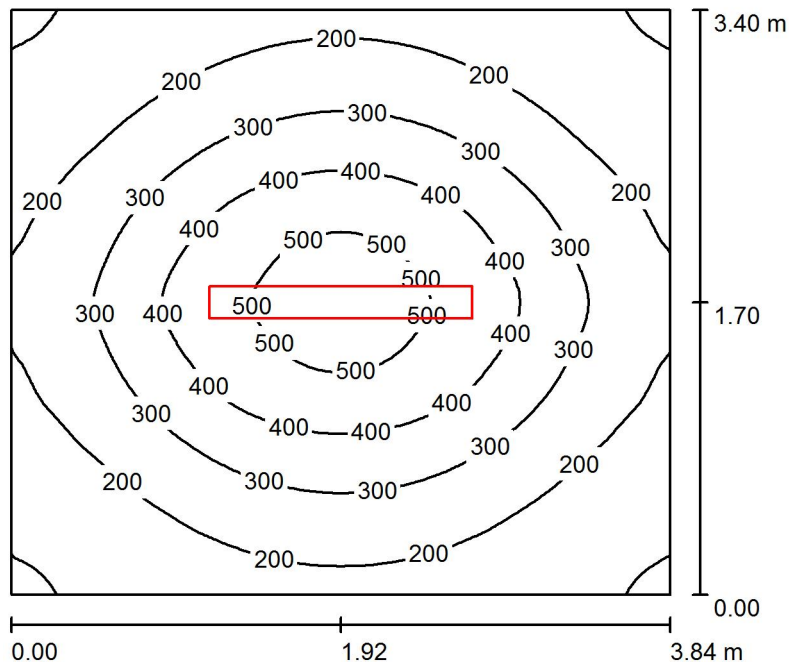
Cuerpo de luminaria:

Fabricada en aluminio de extrusión termoesmaltado en color blanco. Luminaria completa lista para instalar y conectar sin necesidad de apertura del cuerpo luminoso. Montaje: suspendido individualmente sobre carril portante precableado de 5 ó 7 polos x 2,5 mm². Ver accesorios. Equipo electrónico: 220-240 V 50-60 Hz. Bajo pedido: 110-240 V/ 50-60 Hz. Factor de potencia corregido 0,97. Componente óptico: Reflector interior ultrablanco combinado con cuerpo principal en aluminio optimizado para tecnología LED. Conjunto óptico asociado a la aplicación. La nueva tecnología de ópticas ofrece una total uniformidad en el difusor. La estructura microprismática de alta transparencia está formada por una matriz de microprismas de base hexagonal para un total control del deslumbramiento. Fuente de luz: LED840 con alta selección de binning (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30		
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.4	18.5	17.7	18.7	19.0	18.8	19.9	19.1	20.1	20.3	
	3H	18.1	19.2	18.5	19.4	19.7	19.8	20.8	20.1	21.0	21.3	
	4H	18.5	19.4	18.8	19.7	20.0	20.2	21.1	20.5	21.4	21.7	
	6H	18.8	19.7	19.2	20.0	20.3	20.6	21.5	20.9	21.8	22.1	
	8H	19.0	19.8	19.3	20.1	20.4	20.8	21.6	21.2	21.9	22.3	
	12H	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6	21.0	21.8	21.4	22.1	22.4	
4H	2H	17.8	18.7	18.1	19.0	19.3	19.0	19.9	19.3	20.2	20.5	
	3H	18.7	19.5	19.1	19.8	20.2	20.1	20.9	20.5	21.3	21.6	
	4H	19.2	19.9	19.6	20.2	20.6	20.7	21.4	21.1	21.7	22.1	
	6H	19.6	20.2	20.0	20.6	21.0	21.2	21.8	21.6	22.2	22.6	
	8H	19.9	20.4	20.3	20.8	21.2	21.5	22.1	22.0	22.5	22.9	
	12H	20.1	20.7	20.6	21.1	21.5	21.8	22.3	22.2	22.7	23.1	
8H	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.3	21.2	21.7	22.1	
	6H	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	
	8H	20.3	20.7	20.8	21.1	21.6	21.8	22.2	22.3	22.7	23.1	
	12H	20.7	21.0	21.2	21.5	22.0	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	
	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.2	21.2	21.7	22.1	
	6H	20.0	20.4	20.5	20.9	21.3	21.5	21.9	21.9	22.3	22.8	
12H	8H	20.4	20.7	20.9	21.2	21.7	21.9	22.2	22.4	22.7	23.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H		+0.5 / -1.0					+0.7 / -0.7					
S = 2.0H		+1.1 / -1.4					+1.5 / -1.0					
Tabla estándar		BK04					BK05					
Sumando de corrección		2.6					4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5910lm Flujo luminoso total												

Sala de descanso / Resumen



Altura del local: 4.750 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:44

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	276	90	548	0.325
Suelo	30	217	121	310	0.554
Techo	50	29	24	33	0.819
Paredes (4)	50	75	19	188	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 64 x 64 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI (1.000)	5910	5910	55.0
Total:			5910	5910	55.0

Valor de eficiencia energética: $4.22 \text{ W/m}^2 = 1.53 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 13.04 m^2)



Universidad de La Rioja

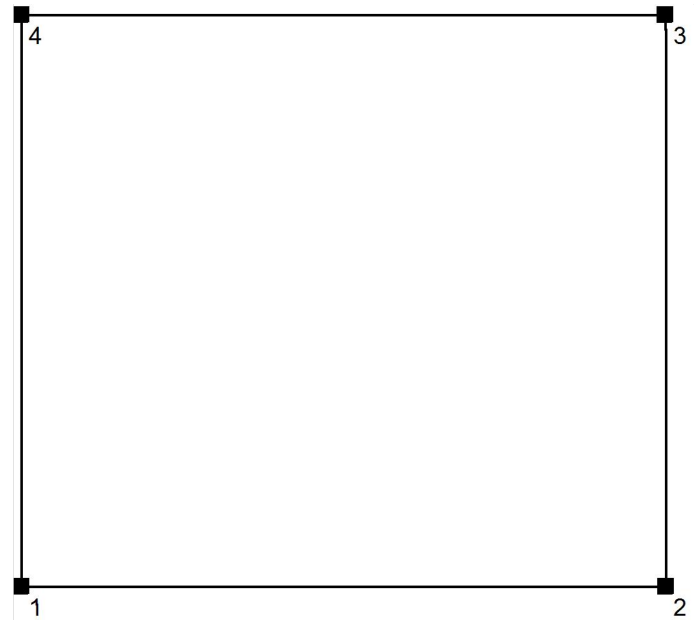
Proyecto elaborado por Viviana Amigo
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Sala de descanso / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
 Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

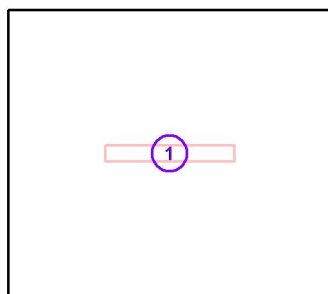
Altura del local: 4.750 m
 Base: 13.04 m²



Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(3.835 0.000)	3.835
Pared 2	50	(3.835 0.000)	(3.835 3.400)	3.400
Pared 3	50	(3.835 3.400)	(0.000 3.400)	3.835
Pared 4	50	(0.000 3.400)	(0.000 0.000)	3.400

**Sala de descanso / Luminarias (lista de coordenadas)****LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI**

5910 lm, 55.0 W, 1 x 1 x LED840 55W/OD-5950 LED G2 Estándar (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]		Z	Rotación [°]		Z
	X	Y		Y		
1	1.920	1.700	3.000	0.0	0.0	90.0

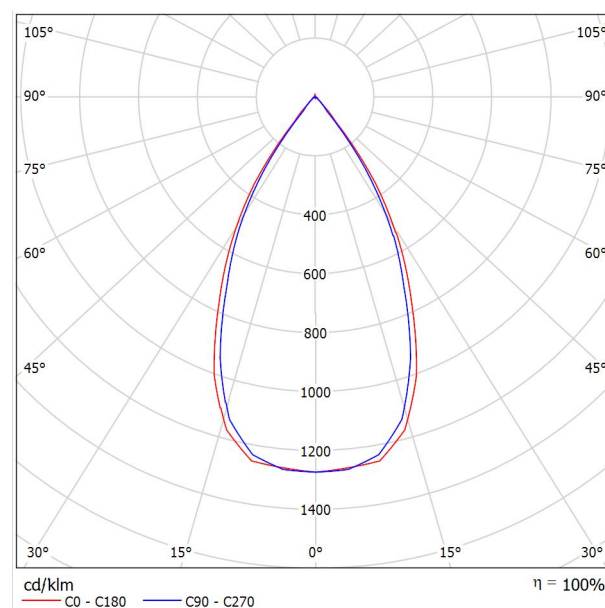
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 15.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco. / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 96 99 100 99 100

SIMON 64010030-482. Luminaria tipo proyector superficie.

Características técnicas:
IP20. Flujo 2100lm. Tc LED AMBER. Óptica WIDE FLOOD. CRI 80.
Potencia 23W. Equipo electrónico.

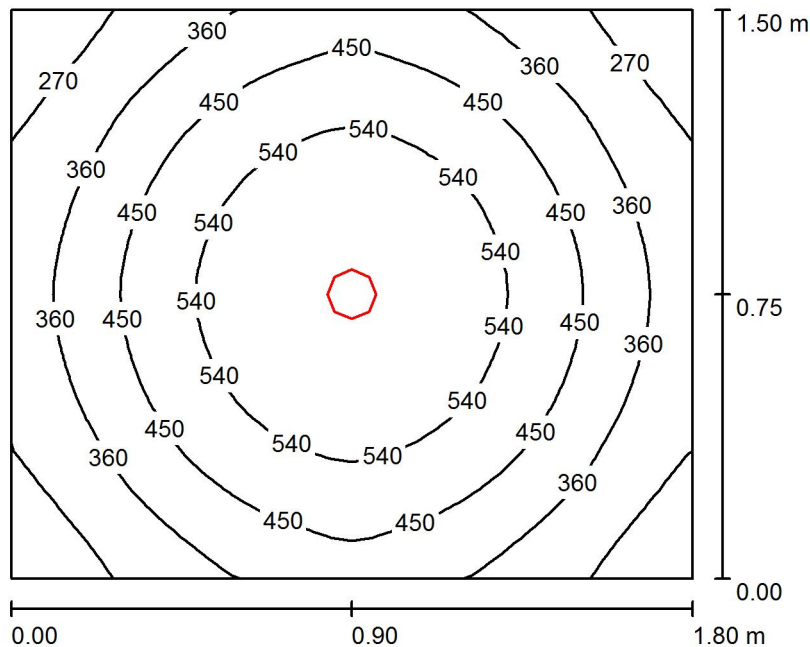
Acabado en blanco, 1.60 Kg.

Certificaciones:
2006/95/CE - Directiva Baja Tensión.
2004/108/CE - Directiva CEM.
UNE-EN 60598: 2005 Luminarias.
UNE-EN 62031: 2009 Módulos LED
para alumbrado general. Requisitos de
seguridad.
UNE-EN 61347-2-13: 2007 Dispositivos
de control de lámpara.
UNE-EN 55015:2007 Límites y métodos
de medida de las características relativas
a la perturbación radioeléctrica de los
equipos de iluminación y similares.
UNE-EN 61547 Equipos para alumbrado
de uso general.
Requisitos de inmunidad - CEM.
UNE-EN 61000-3-2 Compatibilidad
electromagnética (CEM).
UNE-EN 61000-3-3 Compatibilidad
electromagnética (CEM).

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	18.7	19.4	19.0	19.6	19.8	18.4	19.1	18.7	19.3	19.5
	3H	18.6	19.2	18.9	19.5	19.7	18.3	19.0	18.6	19.2	19.5
	4H	18.6	19.2	18.9	19.5	19.7	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
	6H	18.6	19.2	19.0	19.5	19.8	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
	8H	18.6	19.1	19.0	19.4	19.8	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
4H	12H	18.6	19.1	19.0	19.4	19.7	18.3	18.8	18.7	19.1	19.5
	2H	18.5	19.1	18.8	19.4	19.6	18.2	18.8	18.5	19.1	19.3
	3H	18.5	18.9	18.8	19.3	19.6	18.2	18.7	18.5	19.0	19.3
	4H	18.5	18.9	18.9	19.3	19.6	18.2	18.7	18.6	19.0	19.4
	6H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.7	18.7	19.0	19.4
8H	8H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.6	18.8	19.0	19.5
	12H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.6	18.8	19.0	19.4
	4H	18.5	18.8	18.9	19.2	19.6	18.2	18.5	18.6	18.9	19.3
	6H	18.6	18.8	19.0	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	19.0	19.4
	8H	18.6	18.8	19.1	19.3	19.7	18.4	18.6	18.8	19.0	19.5
12H	12H	18.6	18.8	19.1	19.3	19.8	18.4	18.5	18.9	19.0	19.5
	4H	18.4	18.7	18.9	19.1	19.5	18.2	18.4	18.6	18.9	19.3
	6H	18.5	18.7	19.0	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	18.9	19.4
	8H	18.6	18.8	19.1	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	18.9	19.4
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+4.9 / -5.4					+5.0 / -5.4					
S = 1.5H	+7.6 / -5.9					+7.7 / -5.8					
S = 2.0H	+9.6 / -6.2					+9.7 / -6.2					
Tabla estándar	BK00					BK00					
Sumando de corrección	0.4					0.1					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2100lm Flujo luminoso total											

Ducha / Resumen



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:20

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	431	201	605	0.467
Suelo	30	290	214	333	0.736
Techo	50	30	25	37	0.833
Paredes (4)	50	95	18	262	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 32 x 32 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco. (1.000)	2100	2100	23.0
Total:			2100	2100	23.0

Valor de eficiencia energética: $8.52 \text{ W/m}^2 = 1.98 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 2.70 m^2)



Universidad de La Rioja

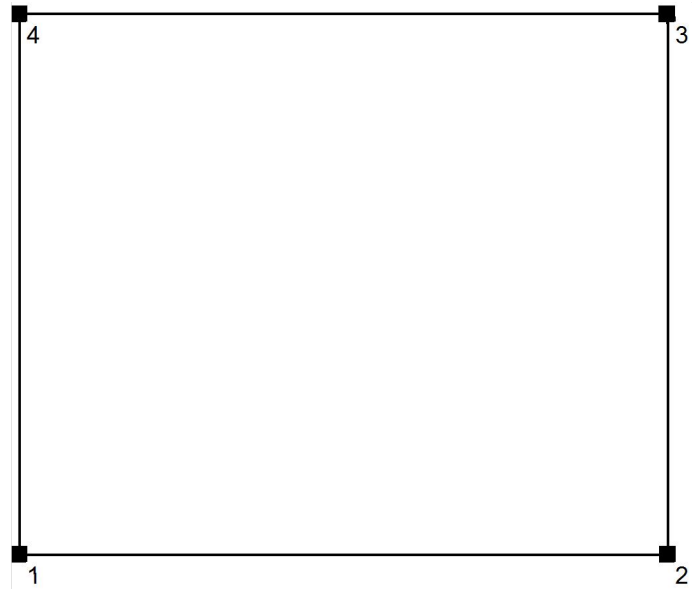
Proyecto elaborado por Viviana Amigo
Teléfono
Fax
e-Mail

Ducha / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

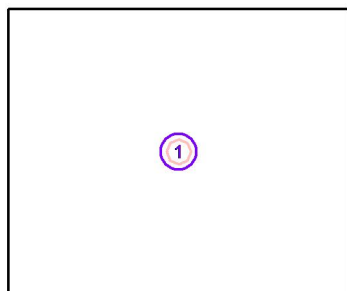
Altura del local: 3.500 m
Base: 2.70 m²



Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(1.800 0.000)	1.800
Pared 2	50	(1.800 0.000)	(1.800 1.500)	1.500
Pared 3	50	(1.800 1.500)	(0.000 1.500)	1.800
Pared 4	50	(0.000 1.500)	(0.000 0.000)	1.500

**Ducha / Luminarias (lista de coordenadas)**

SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco.
2100 lm, 23.0 W, 1 x 1 x LED 640.30 AMBER WIDE FLOOD (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]		Z	Rotación [°]		Z
	X	Y		X	Y	
1	0.900	0.750	3.000	0.0	0.0	90.0

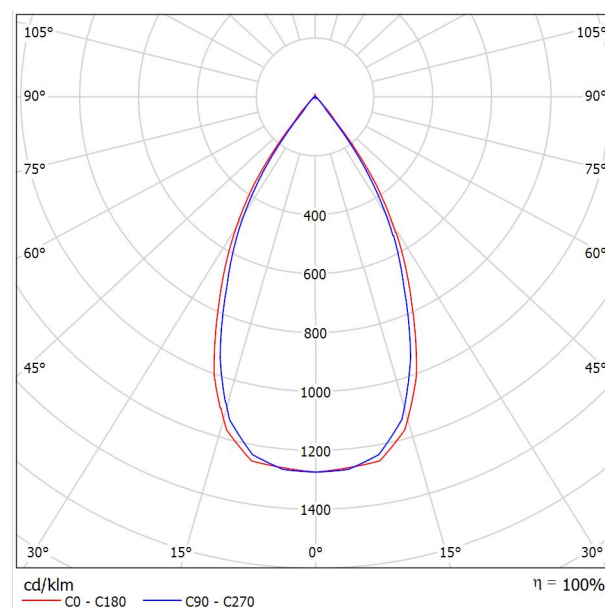
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 15.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco. / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 96 99 100 99 100

SIMON 64010030-482. Luminaria tipo proyector superficie.

Características técnicas:
IP20. Flujo 2100lm. Tc LED AMBER. Óptica WIDE FLOOD. CRI 80.
Potencia 23W. Equipo electrónico.

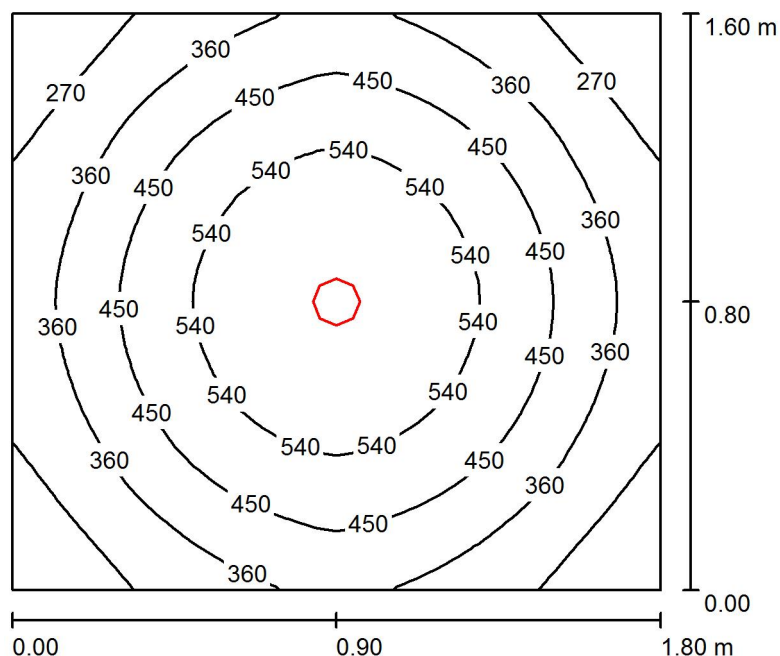
Acabado en blanco, 1.60 Kg.

Certificaciones:
2006/95/CE - Directiva Baja Tensión.
2004/108/CE - Directiva CEM.
UNE-EN 60598: 2005 Luminarias.
UNE-EN 62031: 2009 Módulos LED
para alumbrado general. Requisitos de
seguridad.
UNE-EN 61347-2-13: 2007 Dispositivos
de control de lámpara.
UNE-EN 55015:2007 Límites y métodos
de medida de las características relativas
a la perturbación radioeléctrica de los
equipos de iluminación y similares.
UNE-EN 61547 Equipos para alumbrado
de uso general.
Requisitos de inmunidad - CEM.
UNE-EN 61000-3-2 Compatibilidad
electromagnética (CEM).
UNE-EN 61000-3-3 Compatibilidad
electromagnética (CEM).

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	18.7	19.4	19.0	19.6	19.8	18.4	19.1	18.7	19.3	19.5
	3H	18.6	19.2	18.9	19.5	19.7	18.3	19.0	18.6	19.2	19.5
	4H	18.6	19.2	18.9	19.5	19.7	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
	6H	18.6	19.2	19.0	19.5	19.8	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
	8H	18.6	19.1	19.0	19.4	19.8	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
4H	12H	18.6	19.1	19.0	19.4	19.7	18.3	18.8	18.7	19.1	19.5
	2H	18.5	19.1	18.8	19.4	19.6	18.2	18.8	18.5	19.1	19.3
	3H	18.5	18.9	18.8	19.3	19.6	18.2	18.7	18.5	19.0	19.3
	4H	18.5	18.9	18.9	19.3	19.6	18.2	18.7	18.6	19.0	19.4
	6H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.7	18.7	19.0	19.4
8H	8H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.6	18.8	19.0	19.5
	12H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.6	18.8	19.0	19.4
	4H	18.5	18.8	18.9	19.2	19.6	18.2	18.5	18.6	18.9	19.3
	6H	18.6	18.8	19.0	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	19.0	19.4
	8H	18.6	18.8	19.1	19.3	19.7	18.4	18.6	18.8	19.0	19.5
12H	12H	18.6	18.8	19.1	19.3	19.8	18.4	18.5	18.9	19.0	19.5
	4H	18.4	18.7	18.9	19.1	19.5	18.2	18.4	18.6	18.9	19.3
	6H	18.5	18.7	19.0	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	18.9	19.4
	8H	18.6	18.8	19.1	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	18.9	19.4
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+4.9 / -5.4					+5.0 / -5.4					
S = 1.5H	+7.6 / -5.9					+7.7 / -5.8					
S = 2.0H	+9.6 / -6.2					+9.7 / -6.2					
Tabla estándar	BK00					BK00					
Sumando de corrección	0.4					0.1					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2100lm Flujo luminoso total											

Urinario / Resumen



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:21

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	418	186	600	0.446
Suelo	30	285	205	330	0.717
Techo	50	29	24	37	0.836
Paredes (4)	50	90	17	236	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 32 x 32 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco. (1.000)	2100	2100	23.0
Total:			2100	2100	23.0

Valor de eficiencia energética: $7.99 \text{ W/m}^2 = 1.91 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 2.88 m^2)



Universidad de La Rioja

Proyecto elaborado por Viviana Amigo
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Urinario / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
 Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

Altura del local: 3.500 m
 Base: 2.88 m²

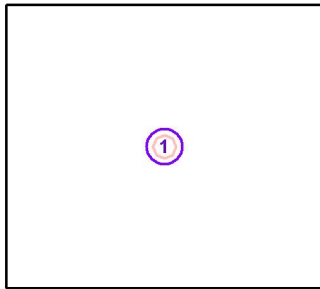


Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(1.800 0.000)	1.800
Pared 2	50	(1.800 0.000)	(1.800 1.600)	1.600
Pared 3	50	(1.800 1.600)	(0.000 1.600)	1.800
Pared 4	50	(0.000 1.600)	(0.000 0.000)	1.600



Urinario / Luminarias (lista de coordenadas)

SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco.
2100 lm, 23.0 W, 1 x 1 x LED 640.30 AMBER WIDE FLOOD (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]		Z	Rotación [°]		Z
	X	Y		X	Y	
1	0.900	0.800	3.000	0.0	0.0	90.0

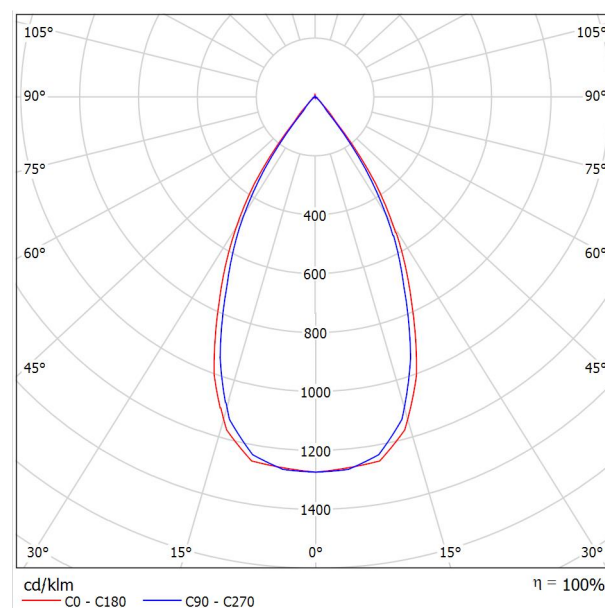
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 17.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco. / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 96 99 100 99 100

SIMON 64010030-482. Luminaria tipo proyector superficie.

Características técnicas:
IP20. Flujo 2100lm. Tc LED AMBER. Óptica WIDE FLOOD. CRI 80.
Potencia 23W. Equipo electrónico.

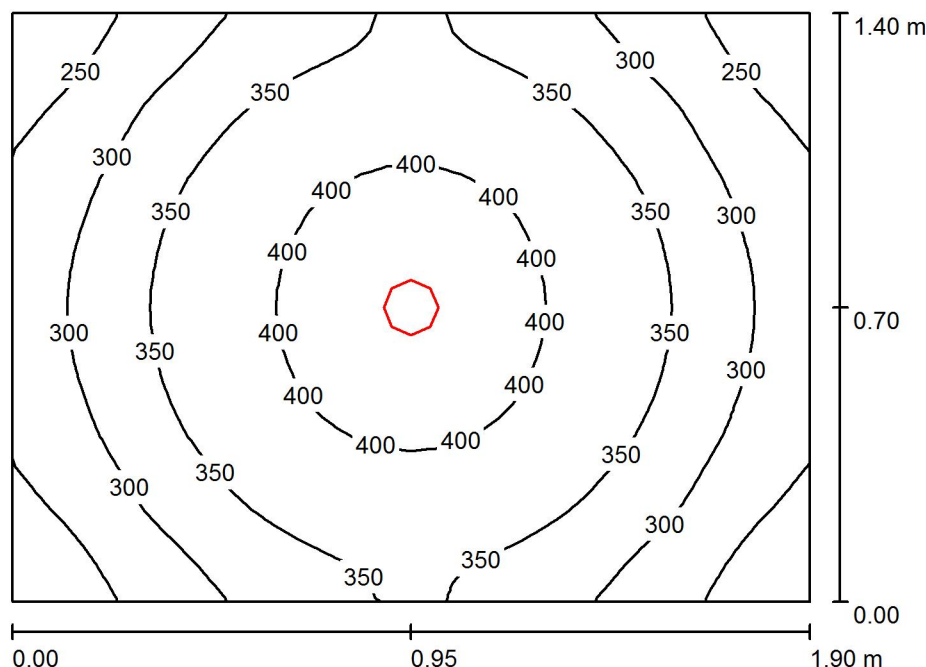
Acabado en blanco, 1.60 Kg.

Certificaciones:
2006/95/CE - Directiva Baja Tensión.
2004/108/CE - Directiva CEM.
UNE-EN 60598: 2005 Luminarias.
UNE-EN 62031: 2009 Módulos LED
para alumbrado general. Requisitos de
seguridad.
UNE-EN 61347-2-13: 2007 Dispositivos
de control de lámpara.
UNE-EN 55015:2007 Límites y métodos
de medida de las características relativas
a la perturbación radioeléctrica de los
equipos de iluminación y similares.
UNE-EN 61547 Equipos para alumbrado
de uso general.
Requisitos de inmunidad - CEM.
UNE-EN 61000-3-2 Compatibilidad
electromagnética (CEM).
UNE-EN 61000-3-3 Compatibilidad
electromagnética (CEM).

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	18.7	19.4	19.0	19.6	19.8	18.4	19.1	18.7	19.3	19.5
	3H	18.6	19.2	18.9	19.5	19.7	18.3	19.0	18.6	19.2	19.5
	4H	18.6	19.2	18.9	19.5	19.7	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
	6H	18.6	19.2	19.0	19.5	19.8	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
	8H	18.6	19.1	19.0	19.4	19.8	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
4H	12H	18.6	19.1	19.0	19.4	19.7	18.3	18.8	18.7	19.1	19.5
	2H	18.5	19.1	18.8	19.4	19.6	18.2	18.8	18.5	19.1	19.3
	3H	18.5	18.9	18.8	19.3	19.6	18.2	18.7	18.5	19.0	19.3
	4H	18.5	18.9	18.9	19.3	19.6	18.2	18.7	18.6	19.0	19.4
	6H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.7	18.7	19.0	19.4
8H	8H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.6	18.8	19.0	19.5
	12H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.6	18.8	19.0	19.4
	4H	18.5	18.8	18.9	19.2	19.6	18.2	18.5	18.6	18.9	19.3
	6H	18.6	18.8	19.0	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	19.0	19.4
	8H	18.6	18.8	19.1	19.3	19.7	18.4	18.6	18.8	19.0	19.5
12H	12H	18.6	18.8	19.1	19.3	19.8	18.4	18.5	18.9	19.0	19.5
	4H	18.4	18.7	18.9	19.1	19.5	18.2	18.4	18.6	18.9	19.3
	6H	18.5	18.7	19.0	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	18.9	19.4
	8H	18.6	18.8	19.1	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	19.0	19.5
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+4.9 / -5.4					+5.0 / -5.4					
S = 1.5H	+7.6 / -5.9					+7.7 / -5.8					
S = 2.0H	+9.6 / -6.2					+9.7 / -6.2					
Tabla estándar	BK00					BK00					
Sumando de corrección	0.4					0.1					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2100lm Flujo luminoso total											

Vestuario lavabo / Resumen



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:18

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	337	206	413	0.612
Suelo	30	228	184	252	0.805
Techo	50	39	29	145	0.756
Paredes (4)	50	104	25	292	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 32 x 32 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco. (1.000)	2100	2100	23.0
Total:			2100	2100	23.0

Valor de eficiencia energética: $8.65 \text{ W/m}^2 = 2.57 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 2.66 m^2)



Universidad de La Rioja

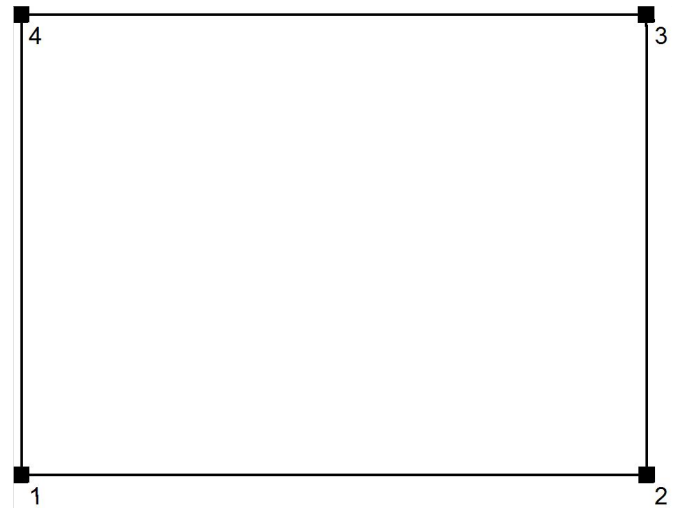
Proyecto elaborado por Viviana Amigo
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Vestuario lavabo / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
 Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

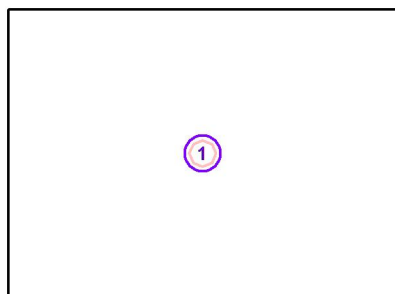
Altura del local: 3.500 m
 Base: 2.66 m²



Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(1.900 0.000)	1.900
Pared 2	50	(1.900 0.000)	(1.900 1.400)	1.400
Pared 3	50	(1.900 1.400)	(0.000 1.400)	1.900
Pared 4	50	(0.000 1.400)	(0.000 0.000)	1.400

**Vestuario lavabo / Luminarias (lista de coordenadas)**

SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco.
2100 lm, 23.0 W, 1 x 1 x LED 640.30 AMBER WIDE FLOOD (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]		Z	Rotación [°]		Z
	X	Y		X	Y	
1	0.950	0.700	3.500	0.0	0.0	90.0

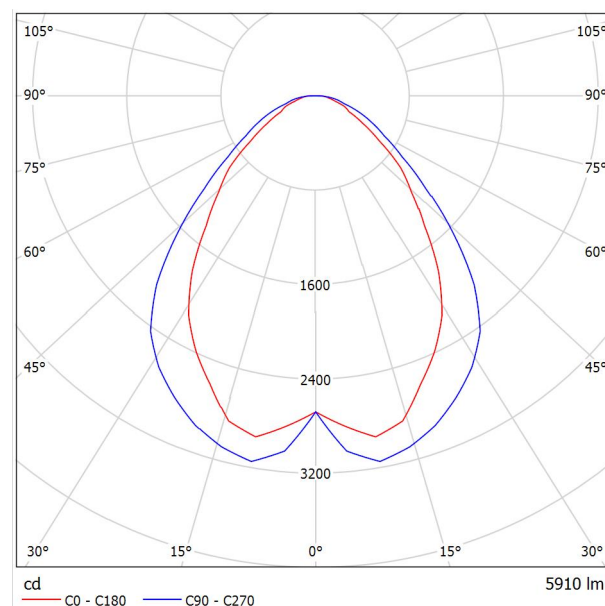
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 17.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 62 88 97 100 100

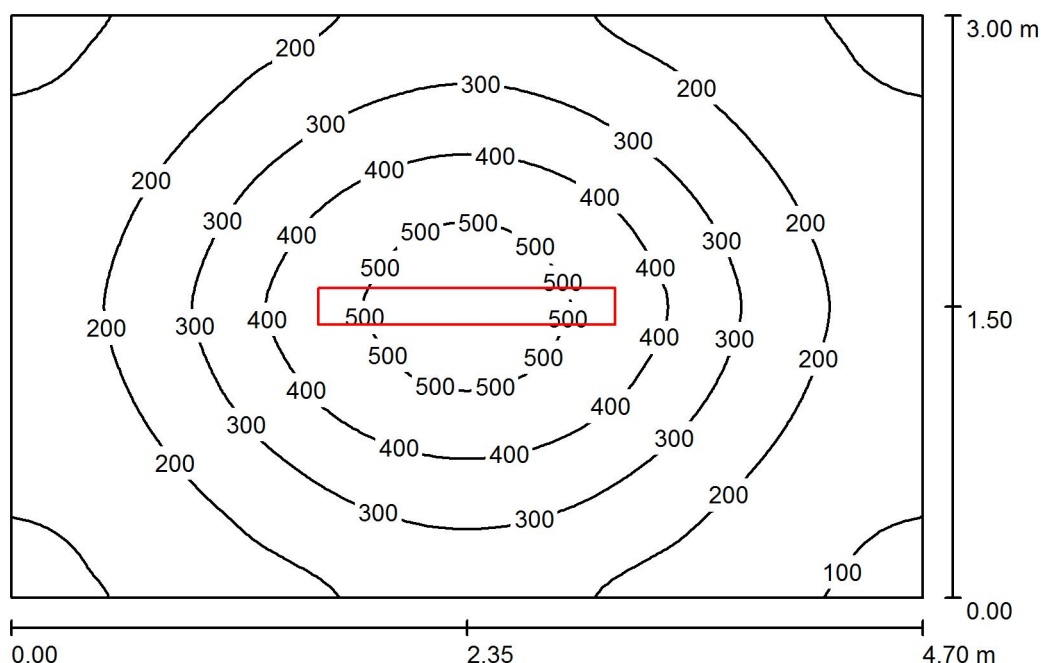
Cuerpo de luminaria:

Fabricada en aluminio de extrusión termoesmaltado en color blanco. Luminaria completa lista para instalar y conectar sin necesidad de apertura del cuerpo luminoso. Montaje: suspendido individualmente sobre carril portante precableado de 5 ó 7 polos x 2,5 mm². Ver accesorios. Equipo electrónico: 220-240 V 50-60 Hz. Bajo pedido: 110-240 V/ 50-60 Hz. Factor de potencia corregido 0,97. Componente óptico: Reflector interior ultrablanco combinado con cuerpo principal en aluminio optimizado para tecnología LED. Conjunto óptico asociado a la aplicación. La nueva tecnología de ópticas ofrece una total uniformidad en el difusor. La estructura microprismática de alta transparencia está formada por una matriz de microprismas de base hexagonal para un total control del deslumbramiento. Fuente de luz: LED840 con alta selección de binning (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.4	18.5	17.7	18.7	19.0	18.8	19.9	19.1	20.1	20.3	
	3H	18.1	19.2	18.5	19.4	19.7	19.8	20.8	20.1	21.0	21.3	
	4H	18.5	19.4	18.8	19.7	20.0	20.2	21.1	20.5	21.4	21.7	
	6H	18.8	19.7	19.2	20.0	20.3	20.6	21.5	20.9	21.8	22.1	
	8H	19.0	19.8	19.3	20.1	20.4	20.8	21.6	21.2	21.9	22.3	
	12H	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6	21.0	21.8	21.4	22.1	22.4	
4H	2H	17.8	18.7	18.1	19.0	19.3	19.0	19.9	19.3	20.2	20.5	
	3H	18.7	19.5	19.1	19.8	20.2	20.1	20.9	20.5	21.3	21.6	
	4H	19.2	19.9	19.6	20.2	20.6	20.7	21.4	21.1	21.7	22.1	
	6H	19.6	20.2	20.0	20.6	21.0	21.2	21.8	21.6	22.2	22.6	
	8H	19.9	20.4	20.3	20.8	21.2	21.5	22.1	22.0	22.5	22.9	
	12H	20.1	20.7	20.6	21.1	21.5	21.8	22.3	22.2	22.7	23.1	
8H	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.3	21.2	21.7	22.1	
	6H	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	
	8H	20.3	20.7	20.8	21.1	21.6	21.8	22.2	22.3	22.7	23.1	
	12H	20.7	21.0	21.2	21.5	22.0	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	
	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.2	21.2	21.7	22.1	
	6H	20.0	20.4	20.5	20.9	21.3	21.5	21.9	21.9	22.3	22.8	
12H	8H	20.4	20.7	20.9	21.2	21.7	21.9	22.2	22.4	22.7	23.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H		+0.5 / -1.0					+0.7 / -0.7					
S = 2.0H		+1.1 / -1.4					+1.5 / -1.0					
Tabla estándar		BK04					BK05					
Sumando de corrección		2.6					4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5910lm Flujo luminoso total												

Vestuario taquillas / Resumen



Altura del local: 3.500 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:39

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	263	83	553	0.315
Suelo	30	209	108	312	0.517
Techo	50	42	30	50	0.704
Paredes (4)	50	88	27	184	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 64 x 64 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI (1.000)	5910	5910	55.0
Total:			5910	5910	55.0

Valor de eficiencia energética: $3.90 \text{ W/m}^2 = 1.48 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 14.10 m^2)



Universidad de La Rioja

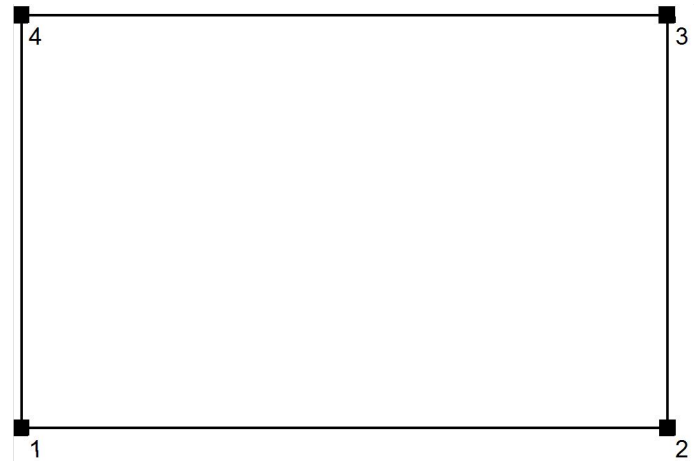
Proyecto elaborado por Viviana Amigo
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Vestuario taquillas / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
 Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

Altura del local: 3.500 m
 Base: 14.10 m²



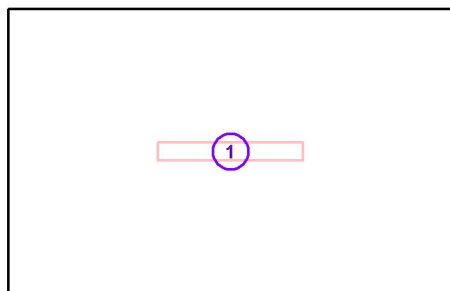
Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(4.700 0.000)	4.700
Pared 2	50	(4.700 0.000)	(4.700 3.000)	3.000
Pared 3	50	(4.700 3.000)	(0.000 3.000)	4.700
Pared 4	50	(0.000 3.000)	(0.000 0.000)	3.000



Vestuario taquillas / Luminarias (lista de coordenadas)

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI

5910 lm, 55.0 W, 1 x 1 x LED840 55W/OD-5950 LED G2 Estándar (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]		Z	Rotación [°]		Z
	X	Y		X	Y	
1	2.350	1.500	3.000	0.0	0.0	90.0

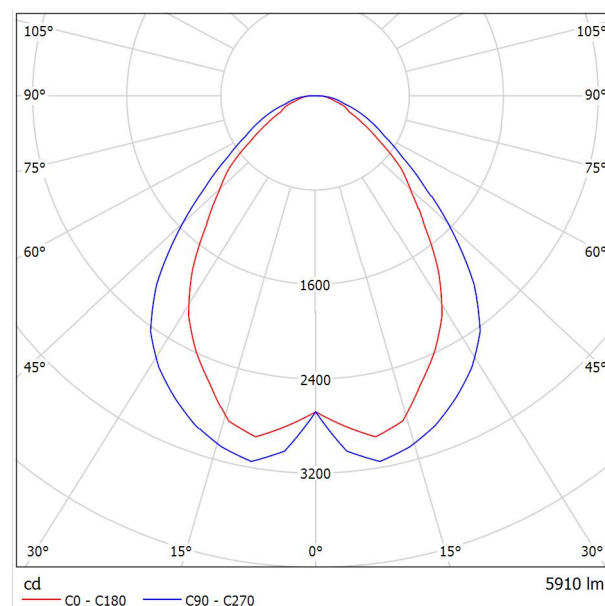
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 15.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 62 88 97 100 100

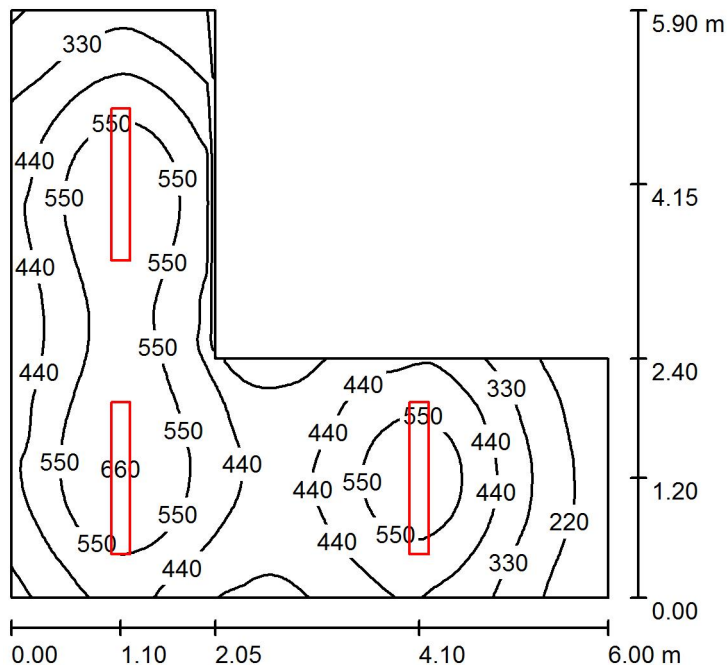
Cuerpo de luminaria:

Fabricada en aluminio de extrusión termoesmaltado en color blanco. Luminaria completa lista para instalar y conectar sin necesidad de apertura del cuerpo luminoso. Montaje: suspendido individualmente sobre carril portante precableado de 5 ó 7 polos x 2,5 mm². Ver accesorios. Equipo electrónico: 220-240 V 50-60 Hz. Bajo pedido: 110-240 V/ 50-60 Hz. Factor de potencia corregido 0,97. Componente óptico: Reflector interior ultrablanco combinado con cuerpo principal en aluminio optimizado para tecnología LED. Conjunto óptico asociado a la aplicación. La nueva tecnología de ópticas ofrece una total uniformidad en el difusor. La estructura microprismática de alta transparencia está formada por una matriz de microprismas de base hexagonal para un total control del deslumbramiento. Fuente de luz: LED840 con alta selección de binning (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30		
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.4	18.5	17.7	18.7	19.0	18.8	19.9	19.1	20.1	20.3	
	3H	18.1	19.2	18.5	19.4	19.7	19.8	20.8	20.1	21.0	21.3	
	4H	18.5	19.4	18.8	19.7	20.0	20.2	21.1	20.5	21.4	21.7	
	6H	18.8	19.7	19.2	20.0	20.3	20.6	21.5	20.9	21.8	22.1	
	8H	19.0	19.8	19.3	20.1	20.4	20.8	21.6	21.2	21.9	22.3	
	12H	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6	21.0	21.8	21.4	22.1	22.4	
4H	2H	17.8	18.7	18.1	19.0	19.3	19.0	19.9	19.3	20.2	20.5	
	3H	18.7	19.5	19.1	19.8	20.2	20.1	20.9	20.5	21.3	21.6	
	4H	19.2	19.9	19.6	20.2	20.6	20.7	21.4	21.1	21.7	22.1	
	6H	19.6	20.2	20.0	20.6	21.0	21.2	21.8	21.6	22.2	22.6	
	8H	19.9	20.4	20.3	20.8	21.2	21.5	22.1	22.0	22.5	22.9	
	12H	20.1	20.7	20.6	21.1	21.5	21.8	22.3	22.2	22.7	23.1	
8H	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.3	21.2	21.7	22.1	
	6H	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	
	8H	20.3	20.7	20.8	21.1	21.6	21.8	22.2	22.3	22.7	23.1	
	12H	20.7	21.0	21.2	21.5	22.0	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	
	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.2	21.2	21.7	22.1	
	6H	20.0	20.4	20.5	20.9	21.3	21.5	21.9	21.9	22.3	22.8	
12H	8H	20.4	20.7	20.9	21.2	21.7	21.9	22.2	22.4	22.7	23.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H		+0.5 / -1.0					+0.7 / -0.7					
S = 2.0H		+1.1 / -1.4					+1.5 / -1.0					
Tabla estándar		BK04					BK05					
Sumando de corrección		2.6					4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5910lm Flujo luminoso total												

Local / Resumen



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	450	135	667	0.300
Suelo	30	360	171	488	0.474
Techo	50	73	52	89	0.707
Paredes (6)	50	169	45	550	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 64 x 64 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI (1.000)	5910	5910	55.0
Total:			17730	17730	165.0

Valor de eficiencia energética: $7.65 \text{ W/m}^2 = 1.70 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 21.57 m^2)



Universidad de La Rioja

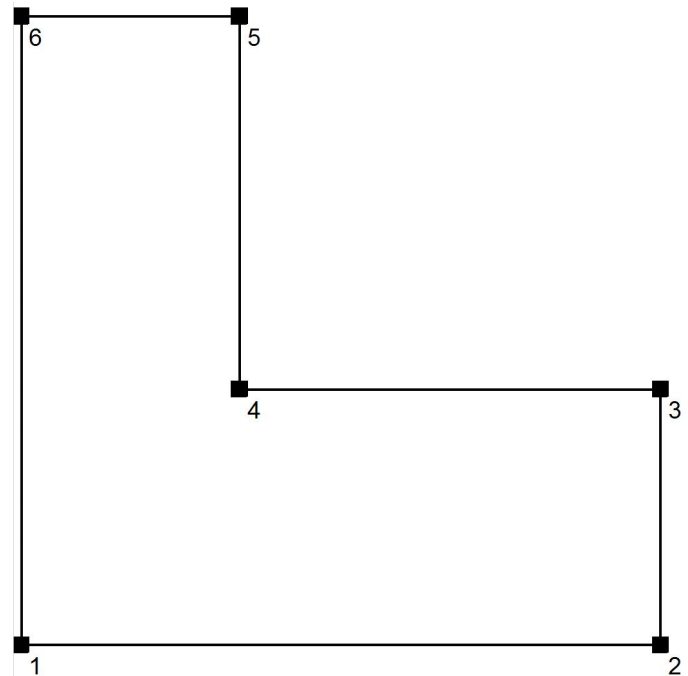
Proyecto elaborado por Viviana Amigo
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Local / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
 Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

Altura del local: 4.000 m
 Base: 21.57 m²



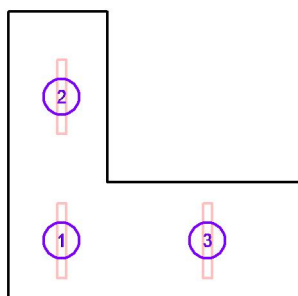
Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(6.000 0.000)	6.000
Pared 2	50	(6.000 0.000)	(6.000 2.400)	2.400
Pared 3	50	(6.000 2.400)	(2.049 2.400)	3.951
Pared 4	50	(2.049 2.400)	(2.049 5.900)	3.500
Pared 5	50	(2.049 5.900)	(0.000 5.900)	2.049
Pared 6	50	(0.000 5.900)	(0.000 0.000)	5.900



Local / Luminarias (lista de coordenadas)

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI

5910 lm, 55.0 W, 1 x 1 x LED840 55W/OD-5950 LED G2 Estándar (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	1.100	1.200	3.000	0.0	0.0	180.0
2	1.100	4.150	3.000	0.0	0.0	180.0
3	4.100	1.200	3.000	0.0	0.0	180.0

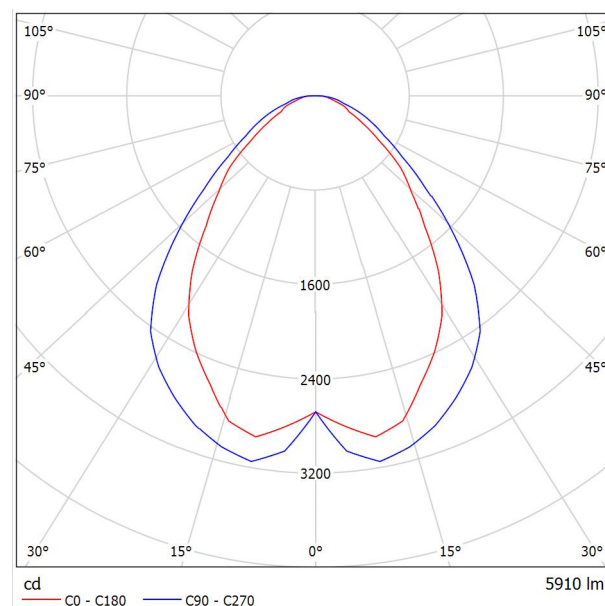
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 16.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 62 88 97 100 100

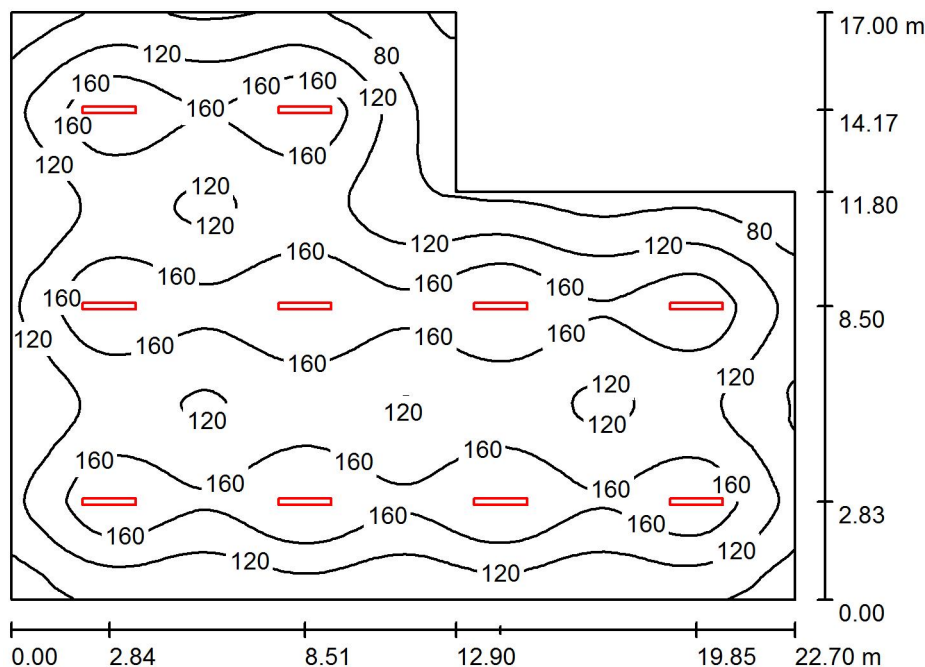
Cuerpo de luminaria:

Fabricada en aluminio de extrusión termoesmaltado en color blanco. Luminaria completa lista para instalar y conectar sin necesidad de apertura del cuerpo luminoso. Montaje: suspendido individualmente sobre carril portante precableado de 5 ó 7 polos x 2,5 mm². Ver accesorios. Equipo electrónico: 220-240 V 50-60 Hz. Bajo pedido: 110-240 V/ 50-60 Hz. Factor de potencia corregido 0,97. Componente óptico: Reflector interior ultrablanco combinado con cuerpo principal en aluminio optimizado para tecnología LED. Conjunto óptico asociado a la aplicación. La nueva tecnología de ópticas ofrece una total uniformidad en el difusor. La estructura microprismática de alta transparencia está formada por una matriz de microprismas de base hexagonal para un total control del deslumbramiento. Fuente de luz: LED840 con alta selección de binning (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30		
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.4	18.5	17.7	18.7	19.0	18.8	19.9	19.1	20.1	20.3	
	3H	18.1	19.2	18.5	19.4	19.7	19.8	20.8	20.1	21.0	21.3	
	4H	18.5	19.4	18.8	19.7	20.0	20.2	21.1	20.5	21.4	21.7	
	6H	18.8	19.7	19.2	20.0	20.3	20.6	21.5	20.9	21.8	22.1	
	8H	19.0	19.8	19.3	20.1	20.4	20.8	21.6	21.2	21.9	22.3	
	12H	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6	21.0	21.8	21.4	22.1	22.4	
4H	2H	17.8	18.7	18.1	19.0	19.3	19.0	19.9	19.3	20.2	20.5	
	3H	18.7	19.5	19.1	19.8	20.2	20.1	20.9	20.5	21.3	21.6	
	4H	19.2	19.9	19.6	20.2	20.6	20.7	21.4	21.1	21.7	22.1	
	6H	19.6	20.2	20.0	20.6	21.0	21.2	21.8	21.6	22.2	22.6	
	8H	19.9	20.4	20.3	20.8	21.2	21.5	22.1	22.0	22.5	22.9	
	12H	20.1	20.7	20.6	21.1	21.5	21.8	22.3	22.2	22.7	23.1	
8H	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.3	21.2	21.7	22.1	
	6H	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	
	8H	20.3	20.7	20.8	21.1	21.6	21.8	22.2	22.3	22.7	23.1	
	12H	20.7	21.0	21.2	21.5	22.0	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	
	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.2	21.2	21.7	22.1	
	6H	20.0	20.4	20.5	20.9	21.3	21.5	21.9	21.9	22.3	22.8	
12H	8H	20.4	20.7	20.9	21.2	21.7	21.9	22.2	22.4	22.7	23.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H		+0.5 / -1.0					+0.7 / -0.7					
S = 2.0H		+1.1 / -1.4					+1.5 / -1.0					
Tabla estándar		BK04					BK05					
Sumando de corrección		2.6					4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5910lm Flujo luminoso total												

Almacén / Resumen



Altura del local: 5.500 m, Altura de montaje: 5.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:219

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	135	36	197	0.266
Suelo	30	128	43	172	0.336
Techo	50	33	20	39	0.603
Paredes (6)	50	53	20	99	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	10	LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI (1.000)	5910	5910	55.0
Total:			59100	59100	550.0

Valor de eficiencia energética: $1.64 \text{ W/m}^2 = 1.22 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 334.94 m^2)

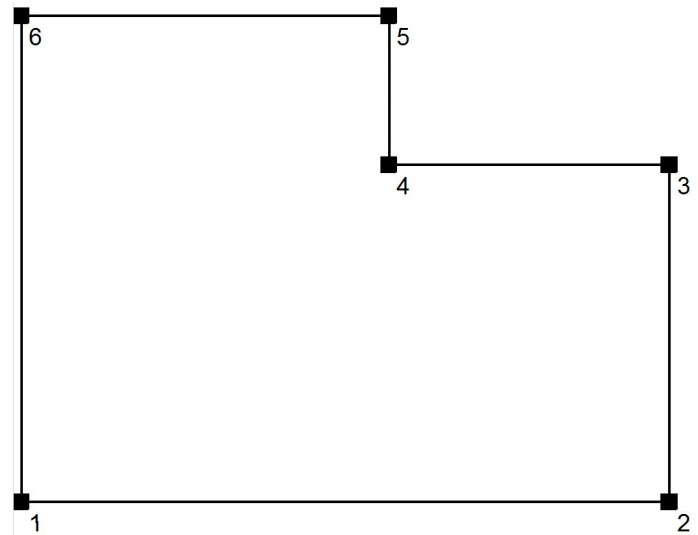


Almacén / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
 Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

Altura del local: 5.500 m
 Base: 334.94 m²



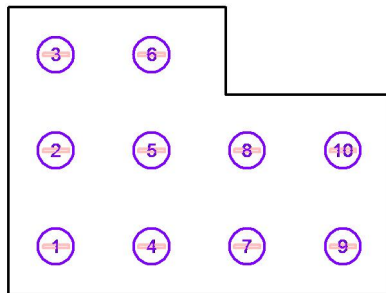
Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(22.700 0.000)	22.700
Pared 2	50	(22.700 0.000)	(22.700 11.800)	11.800
Pared 3	50	(22.700 11.800)	(12.900 11.800)	9.800
Pared 4	50	(12.900 11.800)	(12.900 17.000)	5.200
Pared 5	50	(12.900 17.000)	(0.000 17.000)	12.900
Pared 6	50	(0.000 17.000)	(0.000 0.000)	17.000



Almacén / Luminarias (lista de coordenadas)

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI

5910 lm, 55.0 W, 1 x 1 x LED840 55W/OD-5950 LED G2 Estándar (Factor de corrección 1.000).



Nº	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	2.840	2.830	5.000	0.0	0.0	90.0
2	2.840	8.500	5.000	0.0	0.0	90.0
3	2.840	14.170	5.000	0.0	0.0	90.0
4	8.510	2.830	5.000	0.0	0.0	90.0
5	8.510	8.500	5.000	0.0	0.0	90.0
6	8.510	14.170	5.000	0.0	0.0	90.0
7	14.180	2.830	5.000	0.0	0.0	90.0
8	14.180	8.500	5.000	0.0	0.0	90.0
9	19.850	2.830	5.000	0.0	0.0	90.0
10	19.850	8.500	5.000	0.0	0.0	90.0

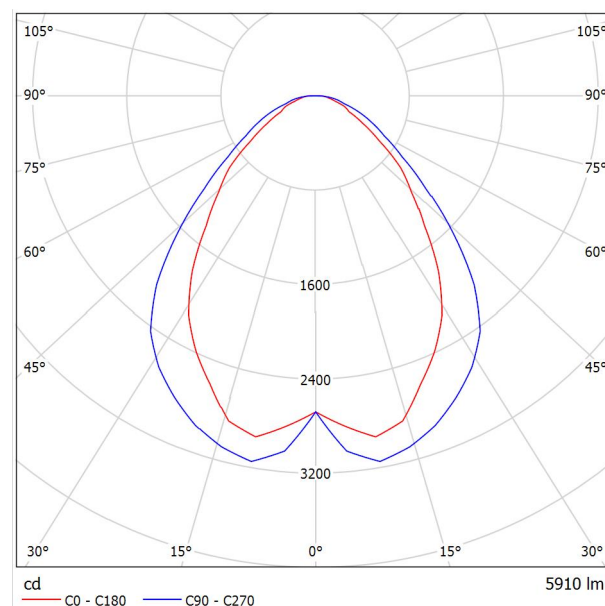
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 16.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 62 88 97 100 100

Cuerpo de luminaria:

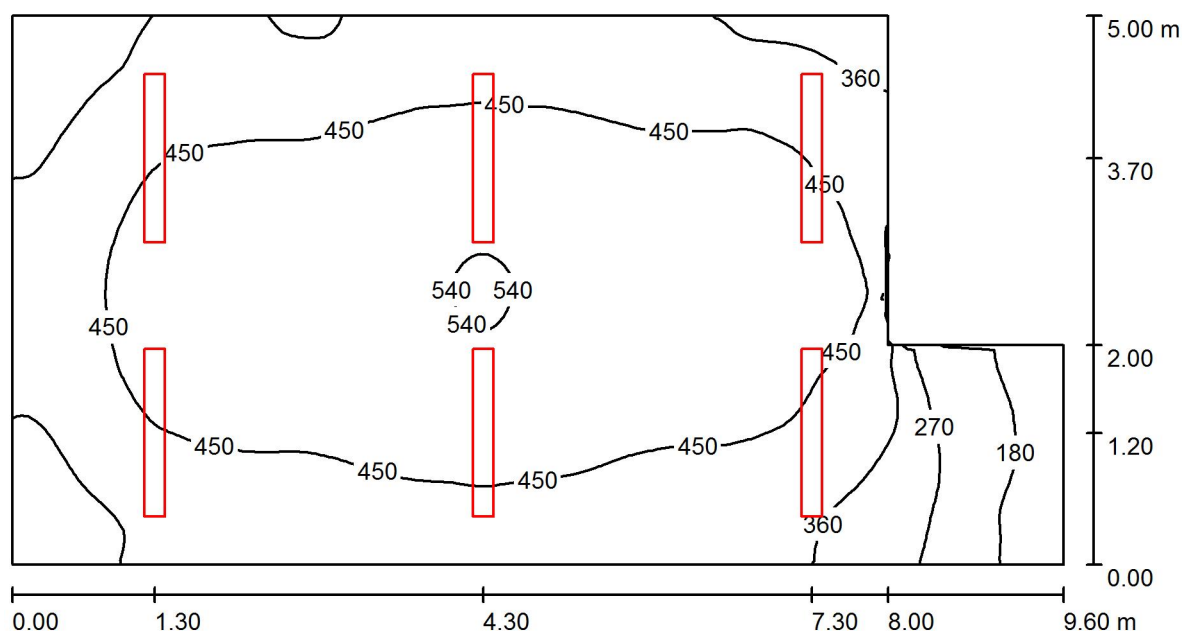
Fabricada en aluminio de extrusión termoesmaltado en color blanco. Luminaria completa lista para instalar y conectar sin necesidad de apertura del cuerpo luminoso. Montaje: suspendido individualmente sobre carril portante precableado de 5 ó 7 polos x 2,5 mm². Ver accesorios. Equipo electrónico: 220-240 V 50-60 Hz. Bajo pedido: 110-240 V/ 50-60 Hz. Factor de potencia corregido 0,97. Componente óptico: Reflector interior ultrablanco combinado con cuerpo principal en aluminio optimizado para tecnología LED. Conjunto óptico asociado a la aplicación. La nueva tecnología de ópticas ofrece una total uniformidad en el difusor. La estructura microprismática de alta transparencia está formada por una matriz de microprismas de base hexagonal para un total control del deslumbramiento. Fuente de luz: LED840 con alta selección de binning (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.4	18.5	17.7	18.7	19.0	18.8	19.9	19.1	20.1	20.3	
	3H	18.1	19.2	18.5	19.4	19.7	19.8	20.8	20.1	21.0	21.3	
	4H	18.5	19.4	18.8	19.7	20.0	20.2	21.1	20.5	21.4	21.7	
	6H	18.8	19.7	19.2	20.0	20.3	20.6	21.5	20.9	21.8	22.1	
	8H	19.0	19.8	19.3	20.1	20.4	20.8	21.6	21.2	21.9	22.3	
	12H	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6	21.0	21.8	21.4	22.1	22.4	
4H	2H	17.8	18.7	18.1	19.0	19.3	19.0	19.9	19.3	20.2	20.5	
	3H	18.7	19.5	19.1	19.8	20.2	20.1	20.9	20.5	21.3	21.6	
	4H	19.2	19.9	19.6	20.2	20.6	20.7	21.4	21.1	21.7	22.1	
	6H	19.6	20.2	20.0	20.6	21.0	21.2	21.8	21.6	22.2	22.6	
	8H	19.9	20.4	20.3	20.8	21.2	21.5	22.1	22.0	22.5	22.9	
	12H	20.1	20.7	20.6	21.1	21.5	21.8	22.3	22.2	22.7	23.1	
8H	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.3	21.2	21.7	22.1	
	6H	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	
	8H	20.3	20.7	20.8	21.1	21.6	21.8	22.2	22.3	22.7	23.1	
	12H	20.7	21.0	21.2	21.5	22.0	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	
	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.2	21.2	21.7	22.1	
	6H	20.0	20.4	20.5	20.9	21.3	21.5	21.9	21.9	22.3	22.8	
12H	8H	20.4	20.7	20.9	21.2	21.7	21.9	22.2	22.4	22.7	23.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H		+0.5 / -1.0					+0.7 / -0.7					
S = 2.0H		+1.1 / -1.4					+1.5 / -1.0					
Tabla estándar		BK04					BK05					
Sumando de corrección		2.6					4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5910lm Flujo luminoso total												



Local / Resumen



Altura del local: 5.250 m, Altura de montaje: 4.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:69

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	426	143	549	0.336
Suelo	30	365	148	459	0.405
Techo	50	97	49	119	0.504
Paredes (6)	50	199	45	581	/

Plano útil:

Altura: 1.000 m
 Trama: 128 x 64 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI (1.000)	5910	5910	55.0
Total:			35460	35460	330.0

Valor de eficiencia energética: $7.64 \text{ W/m}^2 = 1.80 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 43.20 m^2)



Universidad de La Rioja

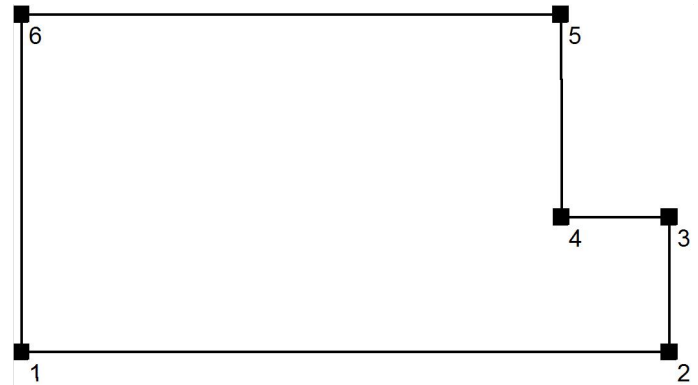
Proyecto elaborado por Viviana Amigo
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Local / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 1.000 m
 Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

Altura del local: 5.250 m
 Base: 43.20 m²



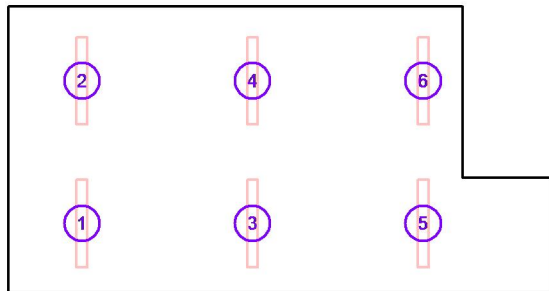
Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(9.600 0.000)	9.600
Pared 2	50	(9.600 0.000)	(9.600 2.000)	2.000
Pared 3	50	(9.600 2.000)	(8.000 2.000)	1.600
Pared 4	50	(8.000 2.000)	(8.000 5.000)	3.000
Pared 5	50	(8.000 5.000)	(0.000 5.000)	8.000
Pared 6	50	(0.000 5.000)	(0.000 0.000)	5.000



Local / Luminarias (lista de coordenadas)

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI

5910 lm, 55.0 W, 1 x 1 x LED840 55W/OD-5950 LED G2 Estándar (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]		Z	Rotación [°]		Z
	X	Y		X	Y	
1	1.300	1.200	4.500	0.0	0.0	180.0
2	1.300	3.700	4.500	0.0	0.0	180.0
3	4.300	1.200	4.500	0.0	0.0	180.0
4	4.300	3.700	4.500	0.0	0.0	180.0
5	7.300	1.200	4.500	0.0	0.0	180.0
6	7.300	3.700	4.500	0.0	0.0	180.0

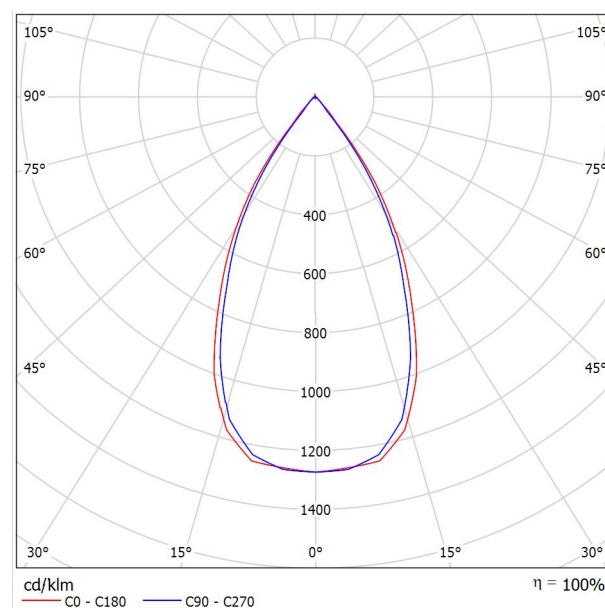
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 16.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco. / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 96 99 100 99 100

SIMON 64010030-482. Luminaria tipo proyector superficie.

Características técnicas:
IP20. Flujo 2100lm. Tc LED AMBER. Óptica WIDE FLOOD. CRI 80.
Potencia 23W. Equipo electrónico.

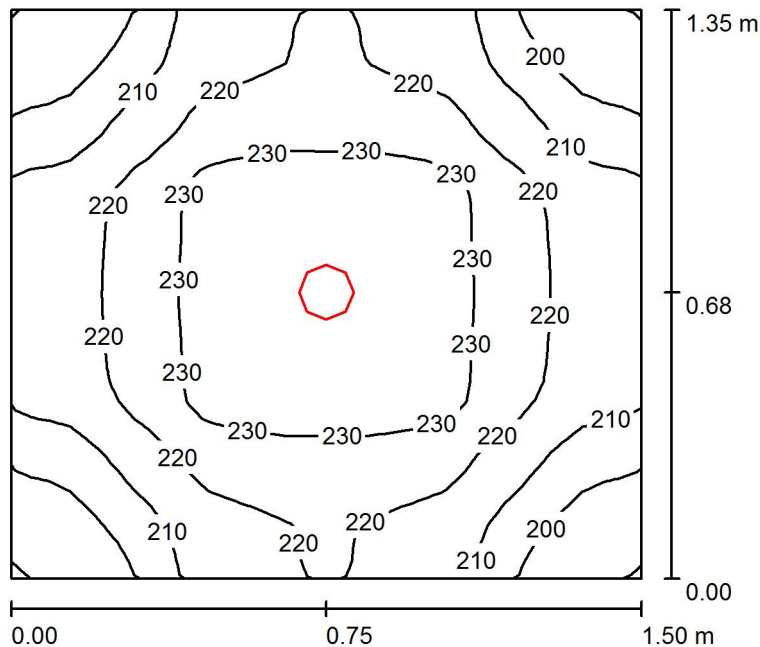
Acabado en blanco, 1.60 Kg.

Certificaciones:
2006/95/CE - Directiva Baja Tensión.
2004/108/CE - Directiva CEM.
UNE-EN 60598: 2005 Luminarias.
UNE-EN 62031: 2009 Módulos LED
para alumbrado general. Requisitos de
seguridad.
UNE-EN 61347-2-13: 2007 Dispositivos
de control de lámpara.
UNE-EN 55015:2007 Límites y métodos
de medida de las características relativas
a la perturbación radioeléctrica de los
equipos de iluminación y similares.
UNE-EN 61547 Equipos para alumbrado
de uso general.
Requisitos de inmunidad - CEM.
UNE-EN 61000-3-2 Compatibilidad
electromagnética (CEM).
UNE-EN 61000-3-3 Compatibilidad
electromagnética (CEM).

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	18.7	19.4	19.0	19.6	19.8	18.4	19.1	18.7	19.3	19.5
	3H	18.6	19.2	18.9	19.5	19.7	18.3	19.0	18.6	19.2	19.5
	4H	18.6	19.2	18.9	19.5	19.7	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
	6H	18.6	19.2	19.0	19.5	19.8	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
	8H	18.6	19.1	19.0	19.4	19.8	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
4H	12H	18.6	19.1	19.0	19.4	19.7	18.3	18.8	18.7	19.1	19.5
	2H	18.5	19.1	18.8	19.4	19.6	18.2	18.8	18.5	19.1	19.3
	3H	18.5	18.9	18.8	19.3	19.6	18.2	18.7	18.5	19.0	19.3
	4H	18.5	18.9	18.9	19.3	19.6	18.2	18.7	18.6	19.0	19.4
	6H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.7	18.7	19.0	19.4
8H	8H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.6	18.8	19.0	19.5
	12H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.6	18.8	19.0	19.4
	4H	18.5	18.8	18.9	19.2	19.6	18.2	18.5	18.6	18.9	19.3
	6H	18.6	18.8	19.0	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	19.0	19.4
	8H	18.6	18.8	19.1	19.3	19.7	18.4	18.6	18.8	19.0	19.5
12H	12H	18.6	18.8	19.1	19.3	19.8	18.4	18.5	18.9	19.0	19.5
	4H	18.4	18.7	18.9	19.1	19.5	18.2	18.4	18.6	18.9	19.3
	6H	18.5	18.7	19.0	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	18.9	19.4
	8H	18.6	18.8	19.1	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	18.9	19.4
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+4.9 / -5.4					+5.0 / -5.4					
S = 1.5H	+7.6 / -5.9					+7.7 / -5.8					
S = 2.0H	+9.6 / -6.2					+9.7 / -6.2					
Tabla estándar	BK00					BK00					
Sumando de corrección	0.4					0.1					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2100lm Flujo luminoso total											

Urinario taller / Resumen



Altura del local: 5.000 m, Altura de montaje: 4.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:18

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	218	189	236	0.864
Suelo	30	150	140	156	0.932
Techo	50	30	25	38	0.820
Paredes (4)	50	101	19	321	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 32 x 32 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco. (1.000)	2100	2100	23.0
Total:			2100	2100	23.0

Valor de eficiencia energética: $11.36 \text{ W/m}^2 = 5.20 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 2.03 m^2)



Universidad de La Rioja

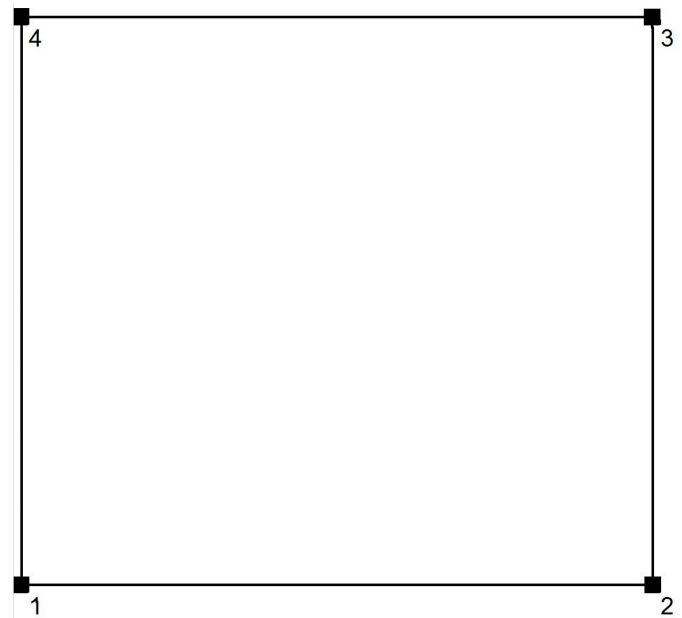
Proyecto elaborado por Viviana Amigo
Teléfono
Fax
e-Mail

Urinario taller / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

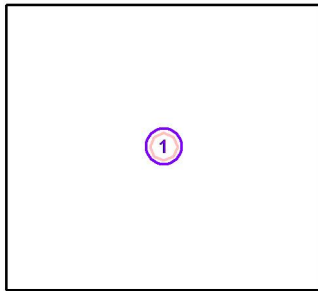
Altura del local: 5.000 m
Base: 2.03 m²



Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(1.500 0.000)	1.500
Pared 2	50	(1.500 0.000)	(1.500 1.350)	1.350
Pared 3	50	(1.500 1.350)	(0.000 1.350)	1.500
Pared 4	50	(0.000 1.350)	(0.000 0.000)	1.350

**Urinario taller / Luminarias (lista de coordenadas)**

SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco.
2100 lm, 23.0 W, 1 x 1 x LED 640.30 AMBER WIDE FLOOD (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]		Z	Rotación [°]		Z
	X	Y		Y	Z	
1	0.750	0.680	4.500	0.0	0.0	90.0

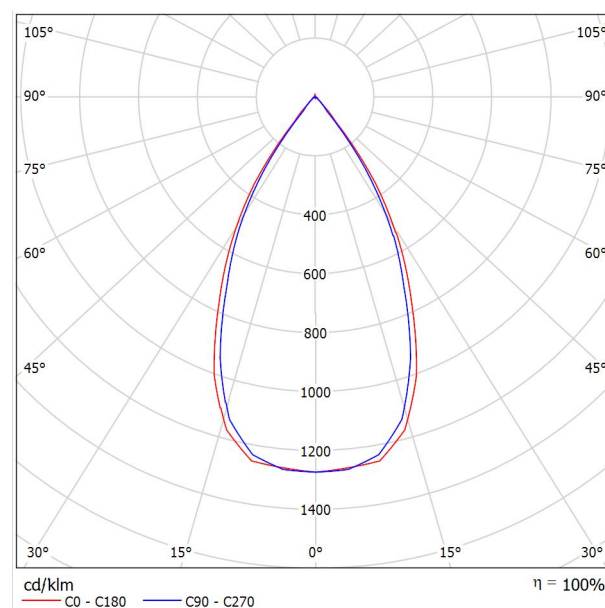
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 16.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco. / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 96 99 100 99 100

SIMON 64010030-482. Luminaria tipo proyector superficie.

Características técnicas:
IP20. Flujo 2100lm. Tc LED AMBER. Óptica WIDE FLOOD. CRI 80.
Potencia 23W. Equipo electrónico.

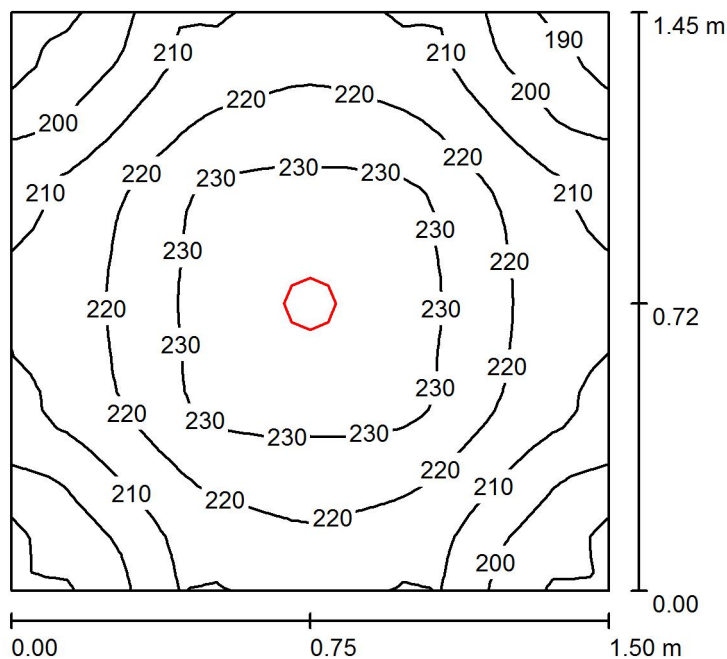
Acabado en blanco, 1.60 Kg.

Certificaciones:
2006/95/CE - Directiva Baja Tensión.
2004/108/CE - Directiva CEM.
UNE-EN 60598: 2005 Luminarias.
UNE-EN 62031: 2009 Módulos LED
para alumbrado general. Requisitos de
seguridad.
UNE-EN 61347-2-13: 2007 Dispositivos
de control de lámpara.
UNE-EN 55015:2007 Límites y métodos
de medida de las características relativas
a la perturbación radioeléctrica de los
equipos de iluminación y similares.
UNE-EN 61547 Equipos para alumbrado
de uso general.
Requisitos de inmunidad - CEM.
UNE-EN 61000-3-2 Compatibilidad
electromagnética (CEM).
UNE-EN 61000-3-3 Compatibilidad
electromagnética (CEM).

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	18.7	19.4	19.0	19.6	19.8	18.4	19.1	18.7	19.3	19.5
	3H	18.6	19.2	18.9	19.5	19.7	18.3	19.0	18.6	19.2	19.5
	4H	18.6	19.2	18.9	19.5	19.7	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
	6H	18.6	19.2	19.0	19.5	19.8	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
	8H	18.6	19.1	19.0	19.4	19.8	18.4	18.9	18.7	19.2	19.5
4H	12H	18.6	19.1	19.0	19.4	19.7	18.3	18.8	18.7	19.1	19.5
	2H	18.5	19.1	18.8	19.4	19.6	18.2	18.8	18.5	19.1	19.3
	3H	18.5	18.9	18.8	19.3	19.6	18.2	18.7	18.5	19.0	19.3
	4H	18.5	18.9	18.9	19.3	19.6	18.2	18.7	18.6	19.0	19.4
	6H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.7	18.7	19.0	19.4
8H	8H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.6	18.8	19.0	19.5
	12H	18.6	18.9	19.0	19.3	19.7	18.3	18.6	18.8	19.0	19.4
	4H	18.5	18.8	18.9	19.2	19.6	18.2	18.5	18.6	18.9	19.3
	6H	18.6	18.8	19.0	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	19.0	19.4
	8H	18.6	18.8	19.1	19.3	19.7	18.4	18.6	18.8	19.0	19.5
12H	12H	18.6	18.8	19.1	19.3	19.8	18.4	18.5	18.9	19.0	19.5
	4H	18.4	18.7	18.9	19.1	19.5	18.2	18.4	18.6	18.9	19.3
	6H	18.5	18.7	19.0	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	18.9	19.4
	8H	18.6	18.8	19.1	19.2	19.7	18.3	18.5	18.8	18.9	19.4
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+4.9 / -5.4					+5.0 / -5.4					
S = 1.5H	+7.6 / -5.9					+7.7 / -5.8					
S = 2.0H	+9.6 / -6.2					+9.7 / -6.2					
Tabla estándar	BK00					BK00					
Sumando de corrección	0.4					0.1					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2100lm Flujo luminoso total											

Lavabo taller / Resumen



Altura del local: 5.000 m, Altura de montaje: 4.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:19

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	216	186	234	0.860
Suelo	30	150	138	157	0.923
Techo	50	29	23	37	0.816
Paredes (4)	50	97	18	291	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 32 x 32 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco. (1.000)	2100	2100	23.0
Total:			2100	2100	23.0

Valor de eficiencia energética: $10.57 \text{ W/m}^2 = 4.89 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 2.17 m^2)



Universidad de La Rioja

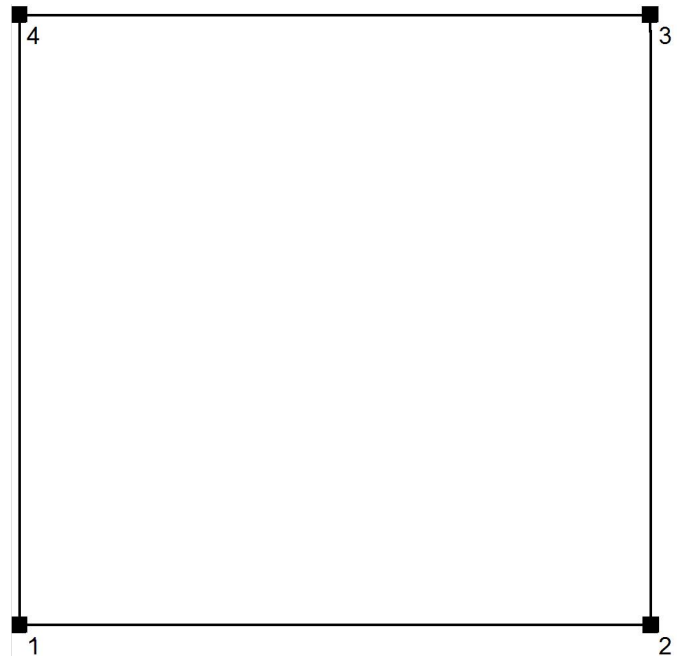
Proyecto elaborado por Viviana Amigo
Teléfono
Fax
e-Mail

Lavabo taller / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.850 m
Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

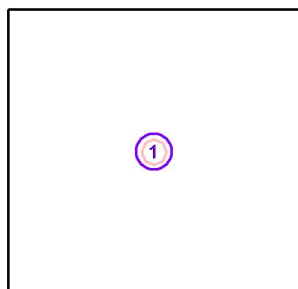
Altura del local: 5.000 m
Base: 2.17 m²



Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(1.500 0.000)	1.500
Pared 2	50	(1.500 0.000)	(1.500 1.450)	1.450
Pared 3	50	(1.500 1.450)	(0.000 1.450)	1.500
Pared 4	50	(0.000 1.450)	(0.000 0.000)	1.450

**Lavabo taller / Luminarias (lista de coordenadas)**

SIMON 64030030-482 Proyector 640.30 superficie AMBER WIDE FLOOD. Blanco.
2100 lm, 23.0 W, 1 x 1 x LED 640.30 AMBER WIDE FLOOD (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]		Z	Rotación [°]		Z
	X	Y		Y	Z	
1	0.750	0.720	4.500	0.0	0.0	90.0

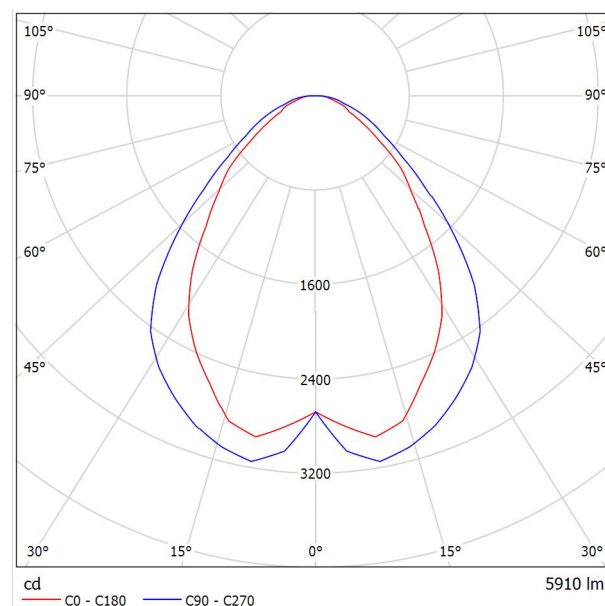
Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 19.07.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 62 88 97 100 100

Cuerpo de luminaria:

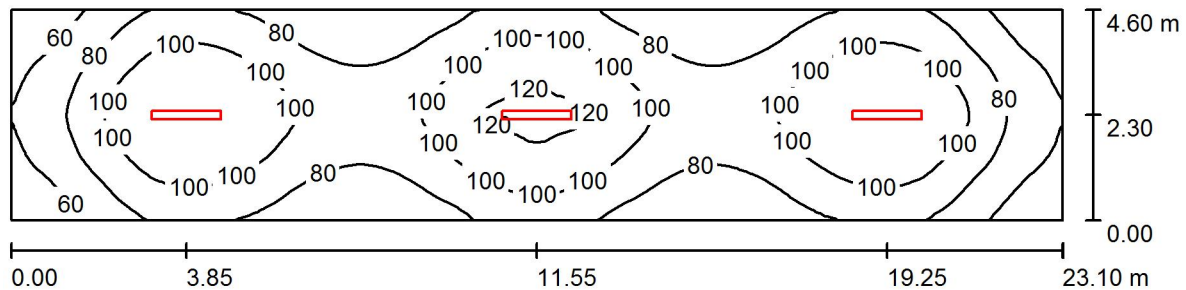
Fabricada en aluminio de extrusión termoesmaltado en color blanco. Luminaria completa lista para instalar y conectar sin necesidad de apertura del cuerpo luminoso. Montaje: suspendido individualmente sobre carril portante precableado de 5 ó 7 polos x 2,5 mm². Ver accesorios. Equipo electrónico: 220-240 V 50-60 Hz. Bajo pedido: 110-240 V/ 50-60 Hz. Factor de potencia corregido 0,97. Componente óptico: Reflector interior ultrablanco combinado con cuerpo principal en aluminio optimizado para tecnología LED. Conjunto óptico asociado a la aplicación. La nueva tecnología de ópticas ofrece una total uniformidad en el difusor. La estructura microprismática de alta transparencia está formada por una matriz de microprismas de base hexagonal para un total control del deslumbramiento. Fuente de luz: LED840 con alta selección de binning (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.4	18.5	17.7	18.7	19.0	18.8	19.9	19.1	20.1	20.3	
	3H	18.1	19.2	18.5	19.4	19.7	19.8	20.8	20.1	21.0	21.3	
	4H	18.5	19.4	18.8	19.7	20.0	20.2	21.1	20.5	21.4	21.7	
	6H	18.8	19.7	19.2	20.0	20.3	20.6	21.5	20.9	21.8	22.1	
	8H	19.0	19.8	19.3	20.1	20.4	20.8	21.6	21.2	21.9	22.3	
	12H	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6	21.0	21.8	21.4	22.1	22.4	
4H	2H	17.8	18.7	18.1	19.0	19.3	19.0	19.9	19.3	20.2	20.5	
	3H	18.7	19.5	19.1	19.8	20.2	20.1	20.9	20.5	21.3	21.6	
	4H	19.2	19.9	19.6	20.2	20.6	20.7	21.4	21.1	21.7	22.1	
	6H	19.6	20.2	20.0	20.6	21.0	21.2	21.8	21.6	22.2	22.6	
	8H	19.9	20.4	20.3	20.8	21.2	21.5	22.1	22.0	22.5	22.9	
	12H	20.1	20.7	20.6	21.1	21.5	21.8	22.3	22.2	22.7	23.1	
8H	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.3	21.2	21.7	22.1	
	6H	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.4	21.9	21.9	22.3	22.8	
	8H	20.3	20.7	20.8	21.1	21.6	21.8	22.2	22.3	22.7	23.1	
	12H	20.7	21.0	21.2	21.5	22.0	22.2	22.6	22.7	23.0	23.5	
	4H	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7	20.7	21.2	21.2	21.7	22.1	
	6H	20.0	20.4	20.5	20.9	21.3	21.5	21.9	21.9	22.3	22.8	
12H	8H	20.4	20.7	20.9	21.2	21.7	21.9	22.2	22.4	22.7	23.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H		+0.5 / -1.0					+0.7 / -0.7					
S = 2.0H		+1.1 / -1.4					+1.5 / -1.0					
Tabla estándar		BK04					BK05					
Sumando de corrección		2.6					4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5910lm Flujo luminoso total												



Pasillo naves de fermentación / Resumen



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 5.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:166

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	90	43	122	0.484
Suelo	30	84	46	109	0.548
Techo	50	20	14	24	0.699
Paredes (4)	50	41	13	83	/

Plano útil:

Altura: 0.500 m
 Trama: 128 x 32 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI (1.000)	5910	5910	55.0
Total:			17730	17730	165.0

Valor de eficiencia energética: $1.55 \text{ W/m}^2 = 1.73 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 106.26 m^2)



Universidad de La Rioja

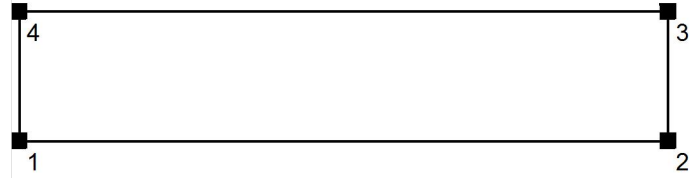
Proyecto elaborado por Viviana Amigo
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Pasillo naves de fermentación / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.500 m
 Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

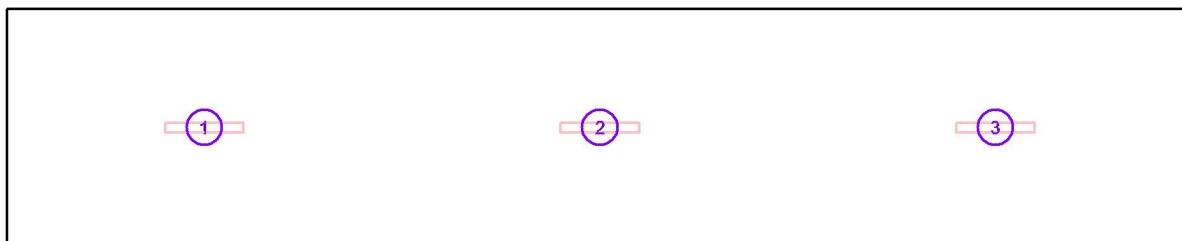
Altura del local: 6.000 m
 Base: 106.26 m²



Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(23.100 0.000)	23.100
Pared 2	50	(23.100 0.000)	(23.100 4.600)	4.600
Pared 3	50	(23.100 4.600)	(0.000 4.600)	23.100
Pared 4	50	(0.000 4.600)	(0.000 0.000)	4.600

**Pasillo naves de fermentación / Luminarias (lista de coordenadas)****LLEDO 5950K65040220 OD-5950 LED840 G2 ESTÁNDAR 55W DALI**

5910 lm, 55.0 W, 1 x 1 x LED840 55W/OD-5950 LED G2 Estándar (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	3.850	2.300	5.500	0.0	0.0	90.0
2	11.550	2.300	5.500	0.0	0.0	90.0
3	19.250	2.300	5.500	0.0	0.0	90.0

Planta de compostaje

Contacto: Viviana Amigo
N° de encargo:
Empresa: Universidad de La Rioja
N° de cliente:

Fecha: 23.08.2017
Proyecto elaborado por: Viviana Amigo

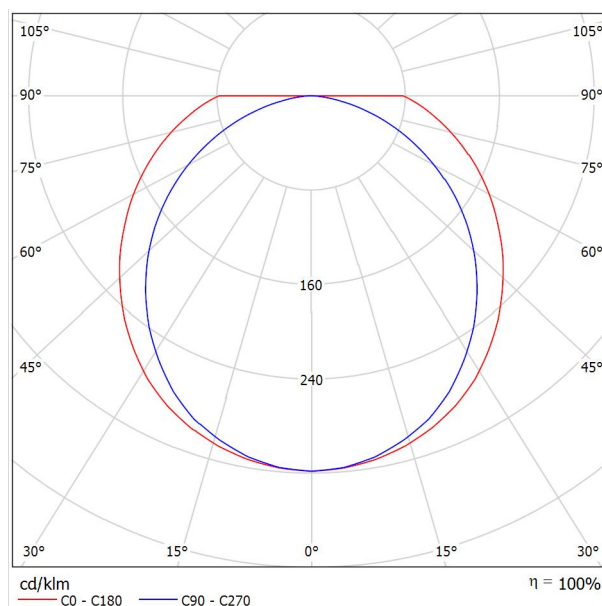


Universidad de La Rioja

Proyecto elaborado por Viviana Amigo
Teléfono
Fax
e-Mail

LLEDO 8770060840000 OD-8770 LED IP65-LED840 60W L1200 N/R / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 43 72 90 100 100

Cuerpo de luminaria

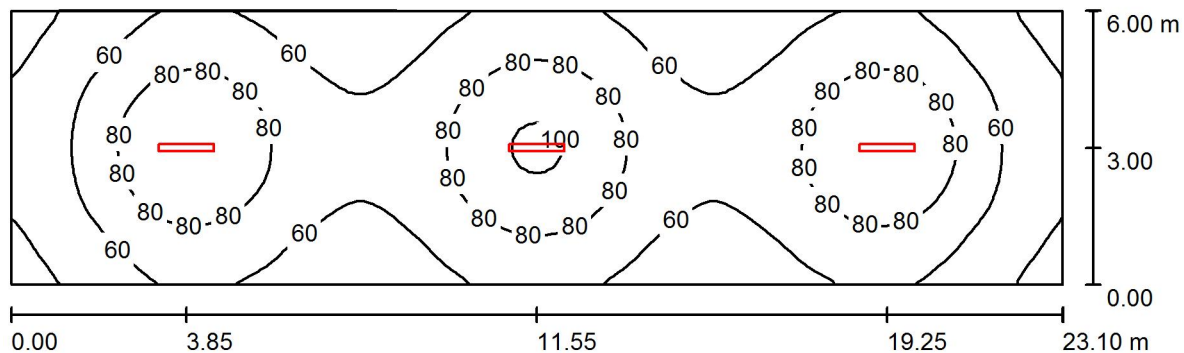
Fabricado en policarbonato de extrusión opal con cabeceras en aluminio de inyección en color blanco.-Bajo pedido se puede suministrar en cualquier color de la carta RAL.-La conexión eléctrica se realiza mediante manguera de tres o cinco polos (por un mm² y 1.000 mm de longitud) ya conectada a luminaria.-Libre de halógenos según norma UNE 21123.- Montaje: existen dos posibilidades de fijación a techo: por medio de fijación rígida fabricada en chapa termoesmaltada en color blanco, o por suspensión de 1.500 mm con sistema de nivelación rápida.-Ver accesorios (pedir por separado).- Temperatura de arranque: -20° / 40°.-Tensión de alimentación: 220-240 V / 50-60 Hz.-Bajo pedido: 110-240 V / 50-60 Hz.-Factor de protección $\phi > 0,95$.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
p Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
p Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30		
p Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	20.4	21.8	20.7	22.1	22.3	19.2	20.6	19.5	20.8	21.1	
	3H	22.8	24.0	23.1	24.3	24.6	20.7	22.0	21.0	22.2	22.5	
	4H	24.0	25.2	24.4	25.5	25.8	21.3	22.5	21.6	22.8	23.1	
	6H	25.4	26.5	25.8	26.9	27.2	21.6	22.8	22.0	23.1	23.4	
	8H	26.2	27.3	26.5	27.6	27.9	21.8	22.9	22.1	23.2	23.5	
	12H	27.0	28.1	27.4	28.4	28.8	21.8	22.9	22.2	23.2	23.5	
4H	2H	21.1	22.3	21.4	22.6	22.9	20.1	21.4	20.5	21.7	22.0	
	3H	23.6	24.7	24.0	25.0	25.4	21.9	23.0	22.3	23.3	23.6	
	4H	25.1	26.0	25.5	26.4	26.7	22.7	23.6	23.1	24.0	24.4	
	6H	26.7	27.5	27.1	27.9	28.3	23.2	24.1	23.7	24.5	24.9	
	8H	27.5	28.3	28.0	28.7	29.1	23.4	24.2	23.9	24.6	25.0	
	12H	28.6	29.3	29.0	29.7	30.1	23.6	24.3	24.0	24.7	25.1	
8H	4H	25.4	26.2	25.9	26.6	27.0	23.4	24.2	23.9	24.6	25.0	
	6H	27.3	27.9	27.7	28.4	28.8	24.3	25.0	24.8	25.4	25.9	
	8H	28.3	28.9	28.8	29.4	29.9	24.7	25.3	25.2	25.7	26.2	
	12H	29.6	30.1	30.1	30.6	31.1	25.0	25.5	25.5	25.9	26.5	
12H	4H	25.5	26.2	25.9	26.6	27.0	23.6	24.4	24.1	24.8	25.2	
	6H	27.4	28.0	27.9	28.4	28.9	24.7	25.3	25.2	25.7	26.2	
	8H	28.5	29.1	29.0	29.5	30.0	25.2	25.7	25.7	26.2	26.7	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.1	/	-0.1				+0.1	/	-0.1		
S = 1.5H		+0.3	/	-0.3				+0.2	/	-0.3		
S = 2.0H		+0.3	/	-0.4				+0.3	/	-0.7		
Tabla estándar		BK12					BK14					
Sumando de corrección		13.0					7.9					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 4736lm Flujo luminoso total												



Túnel de fermentación / Resumen



Altura del local: 5.000 m, Altura de montaje: 4.600 m, Factor mantenimiento: 1.00

Valores en Lux, Escala 1:166

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	68	34	102	0.507
Suelo	30	67	35	99	0.528
Techo	50	21	14	26	0.652
Paredes (4)	50	44	15	81	/

Plano útil:

Altura: 0.100 m
 Trama: 128 x 32 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	LLEDO 8770060840000 OD-8770 LED IP65-LED840 60W L1200 N/R (1.000)	4735	4736	60.0
Total:			14204	14208	180.0

Valor de eficiencia energética: $1.30 \text{ W/m}^2 = 1.92 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 138.60 m^2)

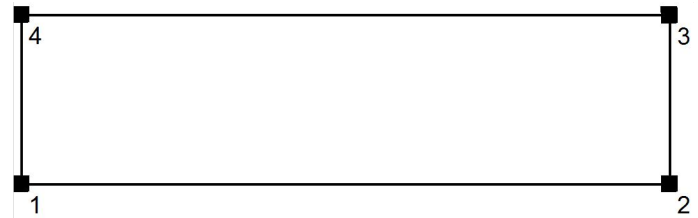


Túnel de fermentación / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.100 m
 Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 1.00

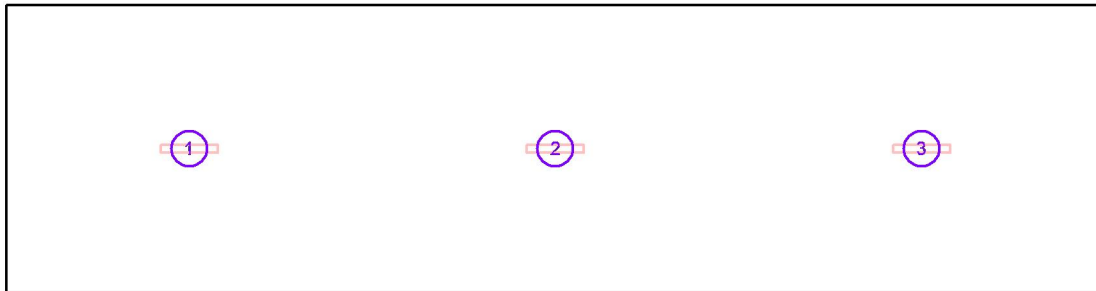
Altura del local: 5.000 m
 Base: 138.60 m²



Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	30	/	/	/
Techo	50	/	/	/
Pared 1	50	(0.000 0.000)	(23.100 0.000)	23.100
Pared 2	50	(23.100 0.000)	(23.100 6.000)	6.000
Pared 3	50	(23.100 6.000)	(0.000 6.000)	23.100
Pared 4	50	(0.000 6.000)	(0.000 0.000)	6.000

**Túnel de fermentación / Luminarias (lista de coordenadas)****LLEDO 8770060840000 OD-8770 LED IP65-LED840 60W L1200 N/R**

4735 lm, 60.0 W, 1 x 1 x LED840 60W/OD-8770 LED L1200 (Factor de corrección 1.000).

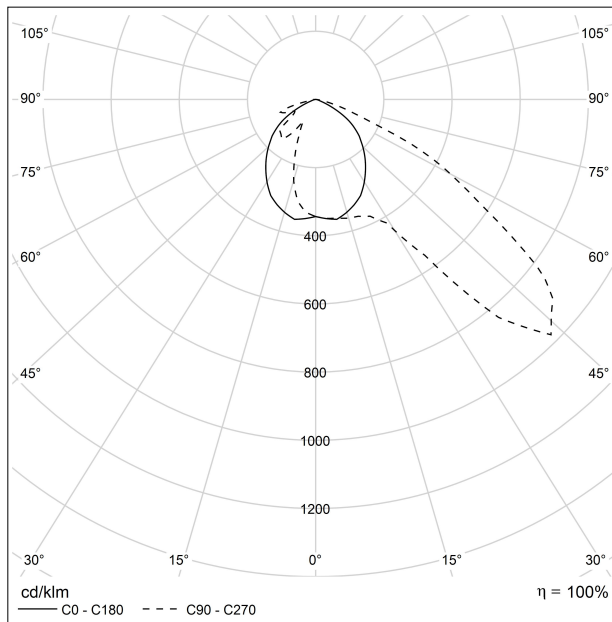


N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	3.850	3.000	4.600	0.0	0.0	90.0
2	11.550	3.000	4.600	0.0	0.0	90.0
3	19.250	3.000	4.600	0.0	0.0	90.0

Milos M AG optic 8700lm 4000K 81W

PROYECCIÓN

MILOS M



Luminaria Simon MILOS LED, modelo M, fijación por lira, cubierta plana, difusor de vidrio templado transparente plano.

407-000299013
Suplemento de mástil
L x W x H: 485x420x140 mm

IP 65

Clase I, IP66 luminaria completa e IK09. Sin precableado, tensión de alimentación 230VAC / 50Hz.

Grupo óptico Istanium LED multi-array con óptica AG asimétrica tipo G.

Grupo óptico protegido por un vidrio templado plano de fácil limpieza, compuesto por 36 LED (3 módulos de 12 LEDs) de alta eficiencia, con consumo total de 81W a corriente de alimentación de 700 mA y flujo luminoso mínimo de 8700 lm. Valor del flujo al hemisferio superior (FHS) de menos del 1%, válido para zonas E1, certificado por la Oficina de Protección del

...

Lamparas

1x Istanium LED 36 LEDs 700mA AG
NDL
81 W
8700 lm
4000 K

Simon S.A
Diputación 390-392
08013 Barcelona (Spain)
Phone: +34 93 344 08 00
simonmail@simon.es
<http://www.simonled.com>

Diseños y especificaciones susceptibles de ser modificados sin previo aviso.

Creado por el
DIALux-PlugIn 04/2016
19/07/2017



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 13. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CÁLCULO DEL NIVEL DE RIESGO.....	3
2.1. Configuración y ubicación según su entorno	3
2.2. Nivel de riesgo intrínseco.....	3
2.3. Cálculo de los riesgos intrínsecos de cada sector de incendio.....	8
2.4. Cálculo de los riesgos intrínsecos de cada edificio	10
2.5. Cálculo de los riesgos intrínsecos de toda la industria	11
3. NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DE LA INDUSTRIA	12
4. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO ...	13
4.1. Sectorización de los establecimientos industriales	13
4.2. Elección de los materiales	13
4.3. Estabilidad contra el fuego de los elementos constructivos portantes.....	16
4.4. Resistencia ante el fuego de los elementos constructivos portantes.....	17
4.5. Evacuación del establecimiento industrial	17
4.6. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de la industria	18
4.7. Sistemas automáticos de detección de incendio	18
4.8. Sistemas manuales de alarma de incendios	19
4.9. Sistema de comunicación de alarma.....	19
4.10. Sistemas de hidrantes exteriores	19
4.11. Extintores de incendios	19
4.12. Sistemas de bocas de incendio equipadas	20
4.13. Sistemas de rociadores automáticos de agua.....	21
4.14. Sistemas de alumbrado de emergencia.....	21
4.15. Señalización	21

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como objetivo el cálculo del nivel de riesgo de incendio que presenta la planta de compostaje, así como las medidas oportunas que se tomarán para minimizar los riesgos y establecer unos niveles de seguridad adecuados.

Mediante las medidas establecidas se pretende evitar la generación de incendios o, en caso de que éstos se produzcan, limitar su propagación e impedir su extinción. También se tienen el objetivo de evitar o reducir daños personales y/o materiales.

Hay dos normativas que se deben aplicar:

Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. (R.D. 2267/2004).

El reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (RSCIEI) establece las normas de diseño, construcción e instalaciones de protección contra incendios que deben cumplir los establecimientos e instalaciones de uso industrial para su seguridad en caso de incendio.

El Reglamento exige incluir en el proyecto un anejo a la memoria y la parte correspondiente en planos, pliego de condiciones y presupuesto.

El ámbito de aplicación del RSCIEI es:

- Las industrias.
- Los almacenamientos industriales.
- Los talleres de reparación y los estacionamientos de vehículos destinados al servicio de transporte de personas y transporte de mercancías.
- Los servicios auxiliares o complementarios de las actividades comprendidas en los párrafos anteriores.
- Todos los almacenamientos de cualquier tipo de establecimiento cuando su carga de fuego total sea igual o superior a 3.000.000 MJ.

Quedan excluidas del ámbito de aplicación del RSCIEI:

- Actividades agropecuarias.
- Las actividades industriales y talleres artesanales con densidad de carga de fuego $<10 \text{ Mcal/m}^2$ (42 MJ/m^2), siempre que su superficie útil sea $<60 \text{ m}^2$, excepto en lo recogido en los apartados 8 y 16 del anexo III (extintores e iluminación).

La otra normativa que se debe aplicar es:

Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio del Código Técnico de la Edificación - CTE DB SI.

Se aplica a edificios en general o cuando no existe otra norma de aplicación. El CTE DB SI sustituye a la anterior NBE CPI 96. Exige incluir en el proyecto un anejo a la memoria y la parte correspondiente en planos, pliego de condiciones y presupuesto.

Cuando en un mismo edificio coexistan actividades industriales con otros usos:

- Con distinta titularidad a las no industriales: se les aplica el CTE-DB-SI.
- Con la misma titularidad a las no industriales: se les aplica el CTE-DB-SI si supera los siguientes límites:
 - Zona comercial: Superficie $> 250 \text{ m}^2$.
 - Zona de administración: Superficie $> 250 \text{ m}^2$.
 - Salas de reuniones, conferencias, proyecciones: Capacidad > 100 personas sentadas.
 - Archivos: Superficie $> 250 \text{ m}^2$ o volumen $> 750 \text{ m}^3$.
 - Bar, cafetería, comedor de personal y cocina: Superficie $> 150 \text{ m}^2$ o capacidad para servir > 100 comensales simultáneamente.
 - Biblioteca: Superficie $> 250 \text{ m}^2$.
 - Zonas de alojamiento de personal: Capacidad > 15 camas.

Las zonas a las que por su superficie sea de aplicación el CTE DB-SI deberán constituir un sector de incendios independiente (distintas normas = distintos sectores).

2. CÁLCULO DEL NIVEL DE RIESGO

En el RD 2267/2004 (RSCIEI) los establecimientos industriales se caracterizan:

- Según su ubicación y entorno.
- Según su Riesgo Intrínseco (RI).

2.1.- Configuración y ubicación según su entorno

Según su ubicación y entorno, la planta de compostaje se incluye dentro del grupo: *"establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos que no constituyen un edificio"*. Dentro de ese grupo, el tipo de industria que se va a construir corresponde con el tipo E.

- **TIPO E:** El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50 por ciento de su superficie) o alguna de sus fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral.

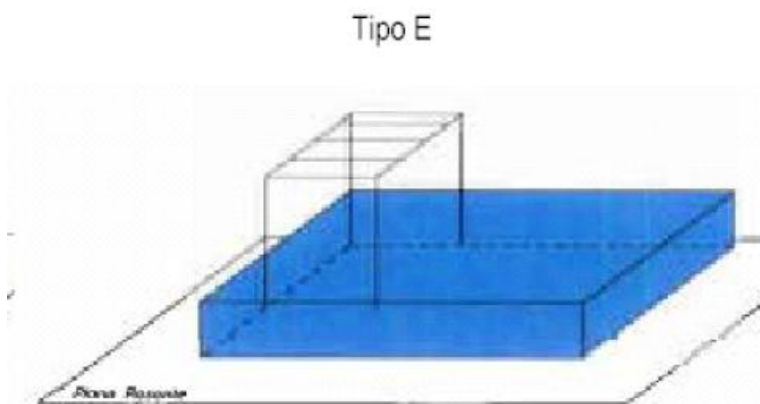


Figura 1. Tipo de industria que corresponde con la planta de compostaje.

2.2.- Nivel de riesgo intrínseco

Aunque parte de la actividad industrial se realice al aire libre, el establecimiento industrial cuenta con edificios independientes totalmente cerrados que son considerados de tipo C: *"el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de 3 metros del edificio más próximo de otros establecimientos"*.

Por lo tanto, para evaluar el nivel de riesgo intrínseco se considerarán las naves de

fermentación, el edificio de usos múltiples y el almacén de maquinaria de forma independiente, como sectores de incendios de tipo C.

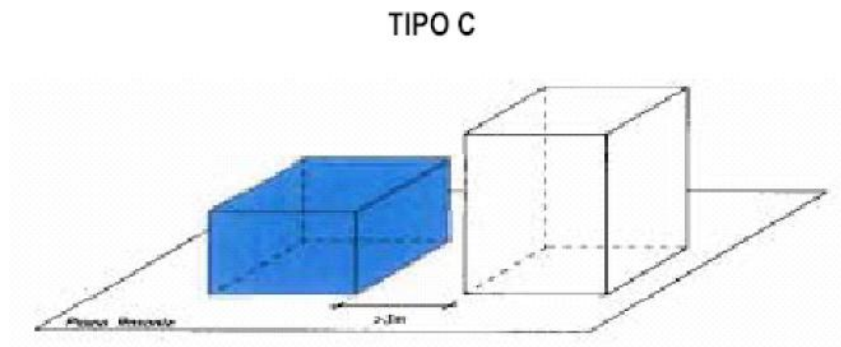


Figura 2. Tipo de sector de incendio que corresponde con los edificios de la planta de compostaje.

Para este tipo de edificio, se considera “sector de incendio” el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

Cada sector de incendios impide la propagación del fuego, gracias a las características constructivas de los materiales de cerramientos, que garantizan la resistencia al fuego. En la siguiente tabla se determinan los diferentes sectores de incendios, así como sus correspondientes superficies:

Tabla 1. Superficie correspondiente de cada sector de incendio presentes en la planta de compostaje.

Sector de incendio	Establecimiento correspondiente	Superficie (m ²)
A	Edificio de usos múltiples	225
B	Almacén y taller de maquinaria	401,94
C	Túnel fermentación aireación forzada 1	401,94
D	Túnel fermentación aireación forzada 2	401,94

El riesgo intrínseco se calcula a partir de la carga de fuego y se pondera para los distintos sectores de incendios. La carga de fuego depende de los materiales almacenados o fabricados, posibles fuentes de ignición, etc. Se calcula con las siguientes fórmulas:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} R_a$$

(MJ/m²) o (Mcal/m²)

Donde:

Q_s \equiv Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector de incendio, en MJ/m² o MCal/m².

G_i \equiv Masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio (incluidos materiales constructivos combustibles).

q_i \equiv Poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

C_i \equiv Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendios.

R_a \equiv Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendios, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.

Cuando existen varias actividades en el mismo sector se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe menos de la superficie del sector.

A \equiv Superficie construida del sector de incendios en m².

De las tablas 1.1 y 1.2 del Reglamento de Seguridad, se obtienen los valores de C_i y R_a respectivamente.

Tabla 2. Coeficiente de peligrosidad de los combustibles en función de su grado de peligrosidad.

GRADO DE PELIGROSIDAD DE LOS COMBUSTIBLES		
VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, C_i		
ALTA	MEDIA	BAJA
<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1 - Líquidos clasificados como subclase B₁, en la ITC MIE-APQ1 - Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C. - Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente. - Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como subclase B₂ en la ITC MIE-APQ1. - Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C. - Sólidos que emiten gases inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C
$C_i = 1,60$	$C_i = 1,30$	$C_i = 1,00$

El coeficiente de peligrosidad por Riesgo de activación R_a se obtienen según la actividad considerada. Los valores que puede tomar son 1, 1,5, 2 y hasta 3 en casos especiales de elevado riesgo como pueden ser artículos pirotécnicos.

Como alternativa a la fórmula anterior se puede evaluar la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, Q_s , del sector de incendio aplicando las siguientes expresiones:

a. Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento; en los que se incluyen los acopios de materiales y productos cuyo consumo o producción es diario:

$$Q_s = \frac{\sum_l^i q_{si} S_i C_i}{A} R_a$$

(MJ/m²) o (Mcal/m²)

Donde:

Q_s , C_i , R_a y A tienen la misma significación que en el apartado anterior

q_{si} = Densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m² o Mcal/m².

S_i = Superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m².

Los valores de la densidad de carga de fuego media, q_{si} , pueden obtenerse de la Tabla 1.2. del Reglamento.

b. Para actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_l^i q_{vi} C_i h_i S_i}{A} R_a$$

(MJ/m²) o (Mcal/m²)

Donde:

Q_s , C_i , R_a y A tienen la misma significación que en el apartado anterior.

q_{vi} = Carga de fuego, aportada por cada m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m³ o Mcal/m³.

h_i = Altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles (i), en m

S_i = Superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m².

Los valores de la carga de fuego, por metro cúbico q_{vi} , aportada por cada uno de los combustibles, pueden obtenerse de la Tabla 1.2. del Reglamento.

c. En un mismo sector pueden coexistir zonas de almacenamiento con zonas de producción. En este caso, para calcular la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, Q_s , del sector de incendio, se pueden aplicar la fórmulas anteriores o bien aplicar la siguiente fórmula que es una combinación de las dos anteriores:

$$Q_s = \frac{\sum_l^i q_{si} S_i C_i + \sum_l^i q_{vj} C_j h_j S_j}{A} R_a$$

(MJ/m²) o (Mcal/m²)

2. El nivel de riesgo intrínseco de un edificio o un conjunto de sectores de incendio de un establecimiento industrial, a los efectos de aplicación de este Reglamento, se evaluará calculando la siguiente expresión, que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida Q_e , de dicho edificio industrial.

$$Q_e = \frac{\sum_l^i Q_{si} A_i}{\sum_l^i A_i}$$

(MJ/m²) o (Mcal/m²)

Donde:

Q_e = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial, en MJ/m² o Mcal/m².

Q_{si} = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores de incendio (i), que componen el edificio industrial, en MJ/m² o Mcal/m².

A_i = Superficie construida de cada uno de los sectores de incendio, (i), que componen el edificio industrial, en m².

3. A los efectos de este Reglamento, el nivel de riesgo intrínseco de un establecimiento industrial, cuando desarrolla su actividad en más de un edificio, ubicados en un mismo recinto, se evaluará calculando la siguiente expresión, que determina la carga de fuego, ponderada y corregida Q_E , de dicho establecimiento industrial:

4.

$$Q_E = \frac{\sum_l^i Q_{ei} A_{ei}}{\sum_l^i A_{ei}}$$

(MJ/m²) o (Mcal/m²)

Donde:

Q_E = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del establecimiento industrial, en MJ/m² o Mcal/m².

Q_{ei} = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los edificios industriales (i), que componen el establecimiento industrial, en MJ/m² o Mcal/m².

A_{ei} = Superficie construida de cada uno de los edificios industriales (i), que componen el establecimiento industrial, en m².

2.3. Cálculo de los riesgos intrínsecos de cada sector de incendio

Cálculo del sector de incendio A: edificio de usos múltiples. Superficie: 225 m².

Tabla 3. Parámetros implicados en el cálculo del riesgo intrínseco del edificio de usos múltiples.

Zona	Actividad	q _{si} (MJ/m ²)	Si	Ci	Ra
1	Oficinas y despachos	600	36,86	1,60	Medio = 1,5
2	Aseos	200	32,34	1,60	Medio = 1,5
3	Sala de control	400	17,39	1,00	Bajo = 1
4	Laboratorio químico	500	50,76	1,60	Medio = 1,5

Las actividades que se llevan a cabo son distintas al almacenamiento. Por lo tanto, la densidad de carga de fuego se calcula de la siguiente manera:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} R_a$$

$$Q_s = \frac{(600 * 36,86 * 1,6) + (200 * 32,34 * 1,6) + (400 * 17,39 * 1) + (500 * 50,76 * 1,6)}{225} * 1,5 = 622 \text{ MJ/m}^2$$

Cálculo del sector de incendio B: almacén y taller de maquinaria. Superficie: 401,94 m².

Tabla 4. Parámetros implicados en el cálculo del riesgo intrínseco del almacén y taller de maquinaria (actividades de producción, transformación, reparación).

Zona	Actividad	q _{si} (MJ/m ²)	Si	Ci	Ra
1	Taller de maquinaria	400	43,20	1,30	Bajo = 1

Tabla 5. Parámetros implicados en el cálculo del riesgo intrínseco del almacén y taller de maquinaria (actividades de almacenamiento).

Zona	Actividad	q _{vi} (MJ/m ²)	Si	Ci	hi	Ra
2	Almacén de maquinaria	800	315,54	1.60	4	Medio=1.5

En el edificio se llevan a cabo tanto actividades de almacenamiento como actividades distintas del almacenamiento. Por ello, el cálculo se realizará de la siguiente manera:

- Para las actividades de producción, transformación, reparación:

$$Q_s = \frac{\sum_l^i q_{si} S_i C_i}{A} R_a$$

$$Q_s = \frac{400 * 43,20 * 1,3}{401,94} * 1 = 55,89 \text{ MJ/m}^2$$

- Para las actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_l^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a$$

$$Q_s = \frac{800 * 315,54 * 1,6 * 4}{401,94} * 1,5 = 6029,13 \text{ MJ/m}^2$$

Cálculo del sector de incendio C: túnel de fermentación 1. Superficie: 401,94 m².

Tabla 6. Parámetros implicados en el cálculo del riesgo intrínseco del túnel de fermentación 1.

Zona	Actividad	q_{vi} (MJ/m²)	Si	Ci	hi	Ra
1	Túnel de fermentación 1	500	401,94	1	3	Medio=1.5

En los túneles de fermentación se considera que se desarrollan actividades de almacenamiento, ya que la mayor parte del tiempo la materia orgánica se encuentra inmóvil en el túnel, sin ningún tipo de flujo de personas. Por ello, el cálculo se realizará con la fórmula correspondiente a actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_l^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a$$

$$Q_s = \frac{500 * 401,94 * 1 * 3}{401,94} * 1,5 = 2250 \text{ MJ/m}^2$$

Cálculo del sector de incendio D: túnel de fermentación 2. Superficie: 401,94 m².

Tabla 7. Parámetros implicados en el cálculo del riesgo intrínseco del túnel de fermentación 2.

Zona	Actividad	q_{vi} (MJ/m ²)	Si	Ci	hi	Ra
1	Túnel de fermentación 2	500	401,94	1	3	Medio=1.5

El cálculo se hace de la misma forma que el caso anterior:

$$Q_s = \frac{\sum_l^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a$$

$$Q_s = \frac{500 * 401,94 * 1 * 3}{401,94} * 1,5 = 2250 \text{ MJ/m}^2$$

2.4. Cálculo de los riesgos intrínsecos de cada edificio

El nivel de riesgo intrínseco de un edificio o conjunto de sectores de incendio de un establecimiento industrial, a los efectos de aplicación del Reglamento, se evaluará calculando la siguiente expresión, que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida Q_e , de dicho edificio industrial. Para este cálculo se atiende a la siguiente expresión:

$$Q_e = \frac{\sum_l^i Q_{si} A_i}{\sum_l^i A_i}$$

- Sector A:**

$$Q_e = 622 \text{ MJ/m}^2$$

- Sector B:**

$$Q_e = \frac{(55,89 * 43,20) + (6029,13 * 315,54)}{(43,20 + 315,54)} = 5309,82 \text{ MJ/m}^2$$

- Sector C:**

$$Q_e = 2250 \text{ MJ/m}^2$$

- **Sector D:**

$$Q_e = 2250 \text{ MJ/m}^2$$

2.5. Cálculo de los riesgos intrínsecos de toda la industria

A efectos del Reglamento, el nivel de riesgo intrínseco de un establecimiento industrial, cuando desarrolla su actividad en más de un edificio, ubicado en un mismo recinto, se evaluará calculando la siguiente expresión, que determina la carga de fuego, ponderada y corregida Q_E , de dicho establecimiento industrial:

$$Q_E = \frac{\sum_l^i Q_{ei} A_{ei}}{\sum_l^i A_{ei}}$$

Determinación del riesgo intrínseco de toda la industria:

$$Q_e = \frac{(622 * 137,35) + (5309,82 * 401,94) + (2250 * 401,94) + (2250 * 401,94)}{(137,35 + 401,94 + 401,94 + 401,94)} = 2999,17 \text{ MJ/m}^2$$

3. NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DE LA INDUSTRIA.

Evaluada la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida del establecimiento industrial de la planta de compostaje, el nivel de riesgo intrínseco de la industria se calcula a partir de la Tabla 1.3 del R.D.

Según dicha tabla, la industria, con un nivel de riesgo $Q = 2999,17 \text{ MJ/m}^2$, por lo que se incluye dentro del grupo de nivel de riesgo intrínseco medio 5 ($1700 < Q_s \leq 3400 \text{ MJ/m}^2$).

Tabla 8. Valores de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida en función del nivel de riesgo intrínseco.

<i>Nivel de riesgo intrínseco</i>	<i>Densidad de carga de fuego ponderada y corregida</i>	
	<i>Mcal/m²</i>	<i>MJ/m²</i>
BAJO	1 $Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2 $100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3 $200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4 $300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5 $400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6 $800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7 $1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8 $3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

4.-REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

4.1.- Sectorización de los establecimientos industriales

La siguiente tabla hace referencia a la máxima superficie que puede acoger cada sector de incendios dependiendo del nivel de riesgo intrínseco de la industria.

Tabla 9. Valores de la máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio en función de su riesgo intrínseco.

Riesgo intrínseco del sector de incendio	Configuración del establecimiento		
	TIPO A (m ²)	TIPO B (m ²)	TIPO C (m ²)
BAJO	(1)-(2)-(3)	(2) (3) (5)	(3) (4)
1	2000	6000	SIN LÍMITE
2	1000	4000	6000
MEDIO	(2)-(3)	(2) (3)	(3) (4)
3	500	3500	5000
4	400	3000	4000
5	300	2500	3500
ALTO	NO ADMITIDO	(3)	(3)(4)
6		2000	3000
7		1500	2500
8		NO ADMITIDO	2000

Como la planta de compostaje tiene un nivel de riesgo intrínseco medio de nivel 5, la máxima superficie que puede acoger cada sector de incendio es de 3500 m². Ningún sector supera esa superficie, así que las zonas determinadas quedan establecidas como sectores de incendio.

4.2.- Elección de materiales

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, según el Real Decreto 312/2005 y a la

norma UNE-EN 13501-1:2002.

Las clases son A₁, A₂, B, C, D, E, F y se corresponden con las siguientes definiciones:

- | | |
|----------------|--|
| A ₁ | No combustible. Sin contribución en grado máximo al fuego. |
| A ₂ | No combustible. Sin contribución en grado menor al fuego. |
| B | Combustible. Contribución muy limitada al fuego. |
| C | Combustible. Contribución limitada al fuego. |
| D | Combustible. Contribución media al fuego. |
| E | Combustible. Contribución alta al fuego. |
| F | Sin clasificar. |

Asimismo, en los ensayos también cabe considerar las clasificaciones adicionales siguientes, que son de carácter obligatorio en la mayoría de las clases a pesar de que alguna de ellas pueda quedar exenta de la clasificación adicional. Los conceptos que se deben considerar son:

- Opacidad de los humos (s) con denominaciones s₁, s₂, s₃, para baja, media o alta capacidad de humos (incorpora los conceptos de velocidad de propagación y producción total de humos).
- Caída de gotas o partículas inflamadas (d) con denominación d₀, d₁, d₂, para nula, media o alta caída de gotas o partículas inflamadas.

Consecuentemente los materiales deben clasificarse según su aplicación final. La clasificación de los materiales para paredes y techos irán sin subíndice, para suelos llevarán el subíndice FL (floor) y la de productos lineales para aislamientos de tuberías llevarán el subíndice L (line).

Tabla 10. Denominación de los materiales de construcción según ciertas características relativas al fuego.

Clasificación según: (clasificación principal)	COMBUSTIBILIDAD	Aplicación final			COMBUSTIBLE	CONTRIBUCIÓN AL FUEGO		
		paredes techos	suelos	Productos lineales para aislamiento térmico de tuberías				
		A1	A1 _{FL}	A1 _L		NO	NO	grado máximo
		A2	A2 _{FL}	A2 _L		NO	NO	grado menor (duración de la llama ≤20s)
		B	B _{FL}	B _L		SI	SI	Muy limitada
		C	C _{FL}	C _L		SI	SI	Limitada
		D	D _{FL}	D _L		SI	SI	Media
		E	E _{FL}	E _L		SI	SI	alta
		F	F _{FL}	FL		Sin clasificar, sin comportamiento determinado		
Clasificaciones adicionales según:	CAPACIDAD DE HUMOS	Cantidad y velocidad de emisión			Baja	s1	Observaciones: Las clases A1, A1 _{FL} y A1 _L ; E, E _{FL} y E _L y F, F _{FL} y F _L no se clasifican bajo este concepto.	
					Media	s2		
					Alta	s3		
	CAIDA DE GOTAS O DE PARTÍCULAS INFLAMADAS	Sin caída (UNE-EN 13823:2002) en 600s			d0		Observaciones: Las clases A1, A1 _{FL} y A1 _L y F, F _{FL} y F _L no se clasifican bajo este concepto.	
		Sin caída (UNE-EN 13823:2002) durante más 10s			d1			
		Ni d0, ni d1			d2			

En la siguiente tabla aparecen los requisitos mínimos que se deben cumplir según el CTE para los diferentes artículos, entre ellos revestimiento de techos, paredes y revestimiento de suelos. Se incluyen también las normas correspondientes, tanto de clasificación como de ensayo, para los diferentes artículos.

Tabla 11. Requisitos que deben cumplir ciertos artículos en relación al fuego.

ARTÍCULOS SOBRE LOS QUE APLICA		REQUISITOS	NORMA DE CLASIFICACIÓN	NORMA DE ENSAYO
Butacas y asientos fijos que formen parte del proyecto	Tapizado	Pasa	---	UNE-EN 1021-1:1994 UNE-EN 1021-2:1994
	No tapizado	M2	UNE 23727:1990	UNE 23723 :1981 UNE 23724 :1990 UNE 23725 :1990
Elementos textiles suspendidos, como telones, cortinas, cortinajes, etc.		Clase 1	UNE-EN 13773:2003	UNE-EN 1101 UNE-EN 1102 UNE-EN 13772
Elementos textiles de cubierta integrados en edificios, tales como carpas.		M2	UNE 23727:1990	UNE 23721:1990 UNE 23726:1990
Revestimiento de techos y paredes	Zonas ocupables	C-s2, d0	UNE-EN 13501-1: 2002	UNE-EN ISO 11925-2: 2002 UNE-EN 13823 :2002 UNE EN ISO 1716 UNE EN ISO 1182
	Aparcamientos	A2-s1, d0		
	Pasillos y escaleras protegidos	B-s1, d0		
	Recintos de riesgo especial	B-s1,d0		
	Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos, suelos elevados, etc.	B-s3, d0		
Revestimiento de suelos	Zonas ocupables	E _{FL}	UNE-EN 13501-1: 2002	UNE-EN ISO 11925-2: 2002 UNE-EN ISO 9239-1:2002 UNE EN ISO 1716 UNE EN ISO 1182
	Aparcamientos	A2 _{FL} -s1		
	Pasillos y escaleras protegidos	C _{FL} -s1		
	Recintos de riesgo especial	B _{FL} -s1		
	Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos, suelos elevados, etc.	B _{FL} -s2		

4.3.- Estabilidad contra el fuego de los elementos constructivos portantes

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo portante se define por el tiempo en minutos, durante el cual dicho elemento debe mantener la estabilidad mecánica o capacidad portante en el ensayo normalizado conforme a la norma correspondiente incluida en la Decisión 2000/367/CE comisión del 3 de Mayo del 2000; modificada por la Decisión 2003/629/CE comisión del 27 de Agosto del 2003.

Según el nivel de riesgo intrínseco (medio) y la configuración de cada establecimiento industrial (tipo C), definimos la estabilidad al fuego de los elementos portantes basándonos en el RD 2267/2004 Anexo II, apartado 4, tabla 2.2 y 2.3 del mismo.

Tabla 12. Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)	R 60 (EF - 60)	R 30 (EF - 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180 (EF - 180)	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)

Tabla 13. Grado de estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes en función de su nivel de riesgo intrínseco.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	Tipo B	Tipo C
	Sobre rasante	Sobre rasante
Riesgo bajo	R 15 (EF-15)	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 30 (EF-30)	R 15 (EF-15)
Riesgo alto	R 60 (EF-60)	R 30 (EF-30)

Será exigible un grado de estabilidad al fuego de R60 (EF-60) para los elementos estructurales portantes, y de R15 (EF-15) para la estructura principal de cubiertas ligeras.

4.4.- Resistencia ante el fuego de los elementos constructivos de cerramiento

La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros no será inferior a la estabilidad al fuego exigida en la tabla 2.2 del reglamento RD 2267/2004, para los elementos constructivos con función portante en dicho sector.

Teniendo en cuenta esto y para las características de la planta de compostaje, la resistencia al fuego será R60 (EF-60).

4.5.- Evacuación del establecimiento industrial.

Para la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales, se debe tener en cuenta lo que dicta el RD 2267/2004 Anexo II, apartado 6; mediante el cual se determinará su ocupación, P, deducida de la siguiente expresión:

$$P = 1,10 * p, \text{ cuando } p < 100$$

Donde p representa el número de personas que ocupa el sector de incendio, de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad.

Se considera para el caso más desfavorable, $p = 8$. Por tanto, tenemos el siguiente valor de ocupación:

$$P = 1,10 * 8 = 8,8 \approx 9$$

De forma que, tal y como dicta el reglamento, se dispondrá de dos salidas de evacuación en cada sector de incendio, la distancia máxima del recorrido de evacuación será inferior a 50 metros, puesto que el nivel de riesgo de la industria es medio. La anchura libre de las puertas, pasos y huecos previstos será igual o mayor a 0,8 metros. La planta de compostaje cumplirá con estas consideraciones en todos los sectores de incendio.

Tabla14. Longitud del recorrido de evacuación en función del número de salidas.

Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas		
Riesgo	1 salida recorrido único	2 salidas alternativas
Bajo(*)	35m(**)	50 m
Medio	25 m(***)	50 m
Alto	-----	25 m

4.6.- Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de la industria.

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios del establecimiento industrial, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo señalado en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1941/1993 del 5 de Noviembre.

Los instaladores y mantenedores de las instalaciones de protección contra incendios, a que se refiere el párrafo anterior, cumplirán los requisitos que para ellos establece el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1941/1993 del 5 de Noviembre, y disposiciones que lo complementan.

4.7.- Sistemas automáticos de detección de incendio.

Según el RD 2267/2004, punto 3 del Anexo III, para edificios de tipo C y de nivel de riesgo intrínseco medio, se deben instalar sistemas automáticos de detección de incendios en los sectores de incendios de los establecimientos industriales cuando se desarrollen:

- Actividades de producción, montaje, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento, si su superficie total es de 3.000 m² o superior.
- Actividades de almacenamiento si su superficie total construida es de 1.500 m² o superior.

En base a esto, no son necesarios sistemas automáticos de detección de incendios en el establecimiento industrial, debido a que las superficies dedicadas a cada tipo de actividad no superan los valores máximos permitidos.

4.8.- Sistemas manuales de alarma de incendios.

Según el RD 2267/2004, punto 4 del Anexo III, se instalarán sistemas manuales de alarma de incendios, ya que es obligatorio si no se requiere la instalación de sistemas de detección de incendios, como es el caso. Se situará un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio, y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no superará los 25 metros. Se indicará claramente la finalidad del pulsador y estará convenientemente protegido para evitar falsas alarmas.

4.9.- Sistema de comunicación de alarma.

Según el RD 2267/2004, punto 5 del Anexo III, no es necesaria su instalación, ya que la suma de la superficie construida es inferior a 10.000 m².

4.10.- Sistemas de hidrantes exteriores.

Según el RD 2267/2004, punto 7 del Anexo III, no es necesaria la instalación de un sistema de hidrantes exteriores, al tratarse de una configuración tipo C, con riesgo intrínseco medio y superficie de sector de incendio inferior a 3.500 m².

4.11.-Extintores de incendio.

Según el RD 2267/2004, punto 8 del Anexo III, se instalarán extintores de incendios portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales. El emplazamiento de los extintores portátiles de incendios permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estimen mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor no supere los 15 metros. La altura de colocación no será superior a 1,7 metros sobre el suelo.

Para los sectores de incendio, el reglamento establece que para riesgo medio, los extintores colocados serán de una eficacia mínima 21-A y la superficie de protección de un extintor es 400 m² (un extintor más por cada 200 m², o fracción en exceso).

Tabla 16. Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio por combustibles de clase A.

GRADO DE RIESGO INTRÍNSECO DEL SECTOR DE INCENDIO	EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	ÁREA MÁXIMA PROTEGIDA DEL SECTOR DE INCENDIO
BAJO	21 A	Hasta 600 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
MEDIO	21 A	Hasta 400 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
ALTO	34 A	Hasta 300 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)

En el siguiente cuadro se muestran los diferentes sectores de incendio, así como el número de extintores que es necesario instalar en cada uno de ellos:

Tabla 17. Número de extintores que se instalarán en los diferentes sectores de incendio de la planta de compostaje.

Sector de incendio	Superficie (m ²)	Nº de extintores
Edificio de usos múltiples	225	2
Almacén y taller de maquinaria	401,94	2
Nave fermentación aireación forzada 1	401,94	2
Nave fermentación aireación forzada 2	401,94	2

En base a esto y a las consideraciones previas, se opta por la colocación de cinco extintores de CO₂ y eficacia 34B; dos en el edificio de usos múltiples, dos en cada nave de fermentación y uno en el almacén de maquinaria. Además, en el taller, se colocará un extintor de polvo químico polivalente 21-A debido a la elevada carga de fuego que caracteriza la actividad llevada a cabo en esa estancia (800 MJ/m²).

4.12.- Sistemas de bocas de incendio equipadas.

Según el RD 2267/2004, punto 8 del Anexo III, será necesaria la instalación de una boca de incendio equipada cuando la superficie total construida sea superior a 1.000 m².

Como la superficie construida de la planta de compostaje no supera los 1.000 m², no será necesario instalar bocas de incendios.

4.13.-Sistemas de rociadores automáticos de agua.

Según el RD 2267/2004, punto 11 del Anexo III, no es necesaria la colocación de rociadores automáticos de agua, ya que se trata de una industria con riesgo intrínseco medio y con una superficie total de construcción menor de 3.500 m².

4.14.- Sistemas de alumbrado de emergencia.

Según el RD 2267/2004, punto 16 del Anexo III, la instalación de sistemas de alumbrado de emergencia debe cumplir las siguientes condiciones:

- a) Será fija, estará provista de fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo del 70 % de su tensión nominal de servicio.
- b) Mantendrá las condiciones de servicio durante una hora, como mínimo, desde el momento que se produzca el fallo.
- c) Proporcionará una iluminación de un lux, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación.
- d) La iluminación será, como mínimo, de 5 lux en puntos de ubicación de instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución de alumbrado.
- e) La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente entre la iluminación máxima y la mínima sea menor que 40.
- f) Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión de paredes y techos, y complementando un factor de rendimiento, que comprenda la reducción del rendimiento luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la suciedad de las luminarias.

4.15.- Señalización.

Según el RD 2267/2004, punto 17 del Anexo III, se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997 del 4 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización y salud en el trabajo.

Se colocarán señales que indiquen el recorrido que se debe seguir para llevar a cabo la evacuación de la industria. En todas las puertas que dan al exterior, se colocará un cartel con el texto "SALIDA" situado a una altura inferior a 1,70 metros.

La situación de los elementos que forman la protección contra incendios, así como el recorrido que hay que realizar para la evacuación del edificio vienen reflejados en el plano de instalación contra incendios.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

ANEJO 14. EVALUACIÓN ECONÓMICA

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ESTIMACIÓN DE LA RENTABILIDAD FINANCIERA	2
3. VIDA ÚTIL DEL PROYECTO	3
3.1. Inversión inicial	3
4. DESCOMPOSICIÓN DE LOS PAGOS	4
4.1. Pagos ordinarios	4
4.2. Pagos extraordinarios	9
5. DESCOMPOSICIÓN DE LOS COBROS	9
5.1. Cobros ordinarios	9
5.2. Cobros extraordinarios	8
6. DESARROLLO DE LOS FLUJOS DE CAJA	10
7. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	11
8. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	12
8.1. Conclusiones	21

1. INTRODUCCIÓN

El estudio económico para el presente proyecto tiene la finalidad de establecer la viabilidad económica y la rentabilidad de la inversión para la planta de compostaje.

Los parámetros que definen una inversión son tres:

- Pago de la inversión (K), es el número de unidades monetarias que el inversor debe desembolsar para conseguir que el proyecto empiece a funcionar.
- Vida útil del proyecto (n), es el número de años estimados durante los cuales la inversión genera rendimientos.
- Flujo de caja (R_i), resultado de efectuar la diferencia entre cobros y pagos, ya sean estos ordinarios o extraordinarios, en cada uno de los años de la vida del proyecto.

Las características del proyecto son:

- Vida útil de la obra civil e instalaciones: 25 años
- Vida útil de la maquinaria: 12 años
- Valor residual de la obra civil: 25%
- Valor residual de la maquinaria: 15% del valor inicial
- Pago de la inversión sin fraccionar, en el primer año y con fondos propios. Los cobros y pagos de un año se realizan en el instante final del año.
- Estudios para un interés anual de: 5%.

2. ESTIMACIÓN DE LA RENTABILIDAD FINANCIERA

Los parámetros previamente mencionados se aplican a los siguientes métodos de evaluación:

- Valor actual neto (VAN). Expresa el valor actualizado de todos los rendimientos financieros generados por la inversión. Indica la ganancia neta generada por el proyecto.

Si $VAN < 0$: proyecto no viable

Si $VAN > 0$: proyecto viable

Si $VAN = 0$; TIR

El VAN se calcula mediante la siguiente expresión:

$$VAN = -K + R_j * \frac{(1+i)^n - 1}{1 * (1+i)^n}$$

- Relación beneficio / inversión. El VAN mide la rentabilidad de una inversión. Si se divide el VAN por el pago de la inversión se obtienen un nuevo valor que mide la rentabilidad relativa, es decir, la ganancia neta generada por cada unidad monetaria invertida.

$$Q = VAN / K$$

- Plazo de recuperación (Pay-Back). Es el número de años que transcurren desde el inicio del proyecto hasta que la suma de los cobros actualizados se hace exactamente igual a la suma de los pagos actualizados. Nos indica el momento de la vida de la inversión en que el VAN se hace 0. La inversión es más interesante cuanto más reducido sea su plazo de recuperación.
- Tasa interna de rentabilidad (TIR). Es la tasa de actualización (interés λ) que haría que el VAN fuera nulo.

$\lambda > i$: proyecto viable

$\lambda < i$: proyecto no viable

3. VIDA ÚTIL DEL PROYECTO

Se entiende como vida útil del proyecto el número de años durante los que se considera que la inversión da beneficios.

Se considera una vida útil de 25 años para la obra civil e instalaciones y una renovación de la maquinaria en el duodécimo año.

3.1. Inversión inicial

En la inversión inicial se incluyen la inversión en maquinaria, instalaciones, obra civil y urbanización, considerando que la parcela es propiedad del promotor. El capital de inversión será propio, de los promotores, y se pagará en el año cero.

A la inversión realizada se le suma el 6 % de beneficio industrial, el 13 % de gastos generales y el 18 % de IVA, resultando un total de 2.393.842,12 €. El desglose del presupuesto es el siguiente:

- Total ejecución material: 1.158.960,73 €
- Gastos generales (13 %): 150.1664,89 €
- Beneficio industrial (6 %): 69.537,64 €
- IVA (21 %): 289.624,28 €
- Total presupuesto general: 1.668.727,54 €

Esta inversión inicial, junto con los gastos originados durante la vida útil del proyecto, deberán solventarse con los ingresos producidos.

4. DESCOMPOSICIÓN DE LOS PAGOS

4.1 Pagos ordinarios

A continuación, se muestran los gastos derivados del transporte, así como los gastos de energía y agua consumida, los gastos generales y los ocasionados por los honorarios de los trabajadores.

La suma de estos gastos constituye los pagos ordinarios, que deberán desembolsarse durante los 25 años de vida útil de la industria.

Coste de las mano de obra

En la planta de compostaje, el número total de empleados es de 8.

- Laboratorio.

Habrán dos personas encargadas de realizar las pruebas y análisis pertinentes, e investigación de posibles mejoras. Estará formado por un/a técnico de laboratorio y un biólogo/a.

-Técnico laboratorio: $900 \text{ €} \times 14 \text{ pagas} = 12.600 \text{ €}$

-Biólogo/a especialista: $1.200 \text{ €} \times 14 \text{ pagas} = 16.800 \text{ €}$

- Oficina

Trabjará un administrativo/a. Se encargará de realizar las gestiones pertinentes, cobro de las materias primas y del producto, pago de nóminas, etc...

-Administrativo/a: $900 \text{ €} \times 14 \text{ pagas} = 12.600 \text{ €}$

- Despacho y zona de control y pesaje

Habrán un ingeniero técnico agrónomo o similar para llevar el control del proceso y determinar las acciones que conlleven a una buena gestión de la empresa. Se encargará también de la comercialización del producto.

-Ingeniero técnico: $1400 \text{ €} \times 14 \text{ pagas} = 19.600 \text{ €}$

- Zona de producción.

En esta zona habrá cuatro operarios encargados de las tareas de transporte, acondicionamiento, tratamiento, fermentación, maduración, manejo y mantenimiento de la maquinaria etc.

-Peón: $1000 \text{ €} \times 14 \text{ pagas} = 14000 \text{ €} \times 4 \text{ operarios} = 56.000 \text{ €}$

Total costes de mano de obra: 117.600 €

*En los salarios viene ya incluida la seguridad social.

Costes por conservación y mantenimiento

Se estima un pago por mantenimiento de la obra civil e instalaciones del 1,5 % del valor presupuestado. Por lo tanto, dichos gastos ascienden a la cantidad de 14.188,18 €.

Se estima un pago por mantenimiento de la maquinaria del 3,5 % del valor presupuestado. Por lo tanto, dichos gastos ascienden a la cantidad de 7.457,87 €.

En resumen, el gasto total destinado al mantenimiento de la obra civil, maquinaria e instalaciones asciende a la cantidad de 21.646,05 €.

Costes del consumo eléctrico

La potencia contratada por la industria es de 159,991 kW. El precio medio de la electricidad en La Rioja es de 0,15 €/kW·h. Por lo tanto, el valor de la electricidad consumida se calcula de la siguiente manera:

$$159,991 \text{ kW} \cdot 8 \text{ h/día} \cdot 300 \text{ días/año} = 383.978,4 \text{ kW} \cdot \text{h/año}$$

$$1.151.935,2 \text{ kW} \cdot \text{h/año} \cdot 0,15 \text{ €/kW} \cdot \text{h} = 57.596,76 \text{ €/año}$$

Costes del consumo de agua

El agua consumida por la industria procede tanto de la limpieza de los equipos e instalaciones como de los diferentes puntos de consumo.

El precio medio del agua en La Rioja es de 0,96 €/m³. Se va a considerar que el consumo de agua anual es de 6 m³/día.

$$6 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 300 \text{ días/año} \cdot 0,96 \text{ €/m}^3 = 1.728 \text{ €/año}$$

Costes de combustible

El consumo de combustible será debido en su totalidad a la pala cargadora, al camión y al trómel tamizador.

Las horas al año de utilización de esta maquinaria está en función al uso que se le vaya a dar. En el Anejo de Proceso productivo se estimaron los tiempos que se utiliza cada máquina.

- Pala cargadora

Se encargará de las labores de llenado de los túneles, transporte a la zona de maduración, alimentación de máquinas, etc... El tiempo que tarda en realizar cada función es:

- Llenado del trómel: 3 minutos
- Llenado del homogeneizador: 10 minutos
- Llenado del túnel de fermentación: 30 minutos
- Vaciado del túnel y transporte a zona de maduración: 20 minutos
- Llenado final del trómel con compost maduro: 3 minutos

El tiempo total resultante es de 1 hora y 6 minutos. Este valor se redondea a 2 horas teniendo en cuenta el transporte entre distintas zonas de la planta y desde el almacén.

$$0,216 \text{ l/kW hora} \times 159 \text{ kW} \times 600 \text{ h/año} \times 1,1 \text{ €/l} = 22.667,04 \text{ €/año}$$

- Camión

Se encargará de la recogida y transporte de los residuos hasta la planta de proceso y de la entrega del compost terminado en los puntos de venta. Esta labor se produce a diario. Los kilómetros que debe recorrer hasta los diferentes puntos de abastecimiento se determinaron en el Anejo de localización.

- Recogida del sustrato agotado de champiñón: 810 km/año
- Recogida de la pollinaza: 4050 km/año
- Recogida de la paja: 2.533,4 km/año

El total de kilómetros recorridos es de 7.393,4 km. Se redondea esta cifra a 10.000 km.

$$1 \text{ l/3km} \times 10.000 \text{ km} \times 1,1 \text{ €/l} = 3.666,66 \text{ €/año}$$

- Trómel.

Se utiliza para separar impropios del sustrato postcultivo de champiñón y para disminuir el tamaño de partícula y así tener un compost con un diámetro acorde a la reglamentación vigente y un producto final de calidad. Los tiempos estimados para cada operación son:

- Separación de impropios de materia prima: 6,21 minutos
- Cribado compost final: 7,44 minutos

El tiempo total resultante es de 13,65 minutos. Este valor se redondea a 30 minutos por si en algún momento fuera necesario repetir la operación.

$$0,216 \text{ l/kW hora} \times 60 \text{ kW} \times 150 \text{ h/año} \times 1,1 \text{ €/l} = 2.138,4 \text{ €/año}$$

$$\text{Total consumo combustible} = 27.738,77 \text{ €/año}$$

Teléfono e Internet

Se considera que el gasto destinado al teléfono que equivale a unos gastos anuales de 7.300 €.

Material de oficina

Se considera que el gasto anual destinado a la compra de nuevo material de oficina asciende a la cantidad de 5.200 €.

Limpieza

Se contratará una empresa externa de limpieza cuyo gasto anual ascenderá a la cantidad de 6.000 €.

Publicidad

Los gastos anuales destinados a publicidad a nivel nacional ascienden a la cantidad de 8.000 €.

Seguros

Se considera que los gastos anuales correspondientes a seguros representan el 2 % del presupuesto total por lo que dicho gasto asciende a la cantidad de 33.375,75 €.

Cursos formación empleados y programas de desarrollo

Los gastos anuales destinados a los cursos de formación de los empleados y a programas de desarrollo ascienden a la cantidad de 14.300 €.

Compra ropa de trabajo empleados

Se considera que los gastos anuales destinados a la compra de la ropa de trabajo de los empleados de la fábrica asciende a la cantidad de 2.800 €.

Coste recogida aguas fecales

Tres veces al año aproximadamente una empresa autorizada se encargará de recoger las aguas de saneamiento fecales generadas en la planta de tratamiento y eso supondrá un gasto de 900 €/año

Coste recogida aguas de limpieza

En este caso el gasto generado de la recogida de aguas residuales de limpieza supone un total de 1.500 €/año

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los pagos ordinarios:

Tabla 1. Pago ordinarios que se darán en la planta de compostaje

Concepto	Pago anual (euros)
Mano de obra	111.600
Mantenimiento	21.646,05
Electricidad	172.790,28
Agua	1.728
Combustible	27.738,77
Teléfono e internet	7.300
Material de oficina	5.200
Limpieza	6.000
Publicidad	8.000
Seguros	33.375,75
Cursos de formación	4.500
Ropa empleado	2.800
Tratamiento fecales	900
Tratamiento residuales	1.500
TOTAL	295.885,33

4.2 Pagos extraordinarios

Se contabilizará un pago extraordinario en el duodécimo año en concepto de renovación del 50 % de la maquinaria. Dicho pago asciende a la cantidad de 106.541 €.

5. DESCOMPOSICIÓN DE LOS COBROS

5.1 Cobros ordinarios

Los cobros ordinarios son los obtenidos mediante la venta del compost a las diferentes cooperativas de la zona.

Como ha quedado reflejado en el presente proyecto, no existe un mercado claro del compost y las transacciones que se producen son muy inestables con gran disparidad de precios y que, en muchas ocasiones, no se relacionan con su calidad.

Su precio será de 125 € la tonelada de compost. En este precio está incluido el transporte hasta el punto de venta.

En el desarrollo anterior del proceso productivo se vio que la planta producirá un total de 3.745,6 toneladas diarias de producto terminado.

Tabla 2. Cobros ordinarios generados de la venta de compost

Producto	T/año	Precio (€)	Ingresos (€/año)
Compost maduro	3.745,6	125	468.200

5.2 Cobros extraordinarios

Como cobro extraordinario sólo se tiene en cuenta el correspondiente al valor residual de la maquinaria. Se considerará un valor residual del 20 % del valor inicial.

Se contabilizará un cobro extraordinario en el duodécimo año correspondiente al valor residual del 50 % de la maquinaria. Como se ha comentado anteriormente, el 50 % del presupuesto de la maquinaria asciende a la cantidad de 106.541 €, por lo que se producirá un cobro extraordinario de 21.308,2 €.

6. DESARROLLO DE LOS FLUJOS DE CAJA

A continuación se muestra el flujo de caja durante la vida útil del proyecto, con los diferentes ingresos y gastos:

Tabla 3. Flujos de caja resultantes con un precio de compost de 125 €/T

Año	Inversión	Cobro ordinario	Cobro extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Flujo de caja	Flujo caja actualizado	Flujo acumulado
0	1668787,54					-1668787,5	-1668787,54	-1668787,54
1		468200		295885,33		172314,67	164109,21	-1504678,33
2		468200		295885,33		172314,67	156294,49	-1348383,85
3		468200		295885,33		172314,67	148851,89	-1199531,95
4		468200		295885,33		172314,67	141763,71	-1057768,25
5		468200		295885,33		172314,67	135013,05	-922755,20
6		468200		295885,33		172314,67	128583,86	-794171,34
7		468200		295885,33		172314,67	122460,82	-671710,52
8		468200		295885,33		172314,67	116629,35	-555081,17
9		468200		295885,33		172314,67	111075,57	-444005,59
10		468200		295885,33		172314,67	105786,26	-338219,33
11		468200		295885,33		172314,67	100748,82	-237470,52
12		468200	21308,2	295885,33	106541	87081,87	48490,44	-188980,07
13		468200		295885,33		172314,67	91382,15	-97597,92
14		468200		295885,33		172314,67	87030,62	-10567,31
15		468200		295885,33		172314,67	82886,30	72319,00
16		468200		295885,33		172314,67	78939,34	151258,33
17		468200		295885,33		172314,67	75180,32	226438,65
18		468200		295885,33		172314,67	71600,30	298038,96
19		468200		295885,33		172314,67	68190,77	366229,72
20		468200		295885,33		172314,67	64943,59	431173,31
21		468200		295885,33		172314,67	61851,04	493024,35
22		468200		295885,33		172314,67	58905,75	551930,09
23		468200		295885,33		172314,67	56100,71	608030,81
24		468200		295885,33		172314,67	53429,25	661460,05
25		468200		295885,33		172314,67	50885,00	712345,05

7. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

Valor Actual Neto (VAN)

En este caso $VAN = 712.345,05 > 0$

Al ser el valor del VAN mayor que cero se puede decir que el proyecto resulta viable desde el punto de vista financiero para el interés elegido (5%)

Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

En este caso $TIR = 9\% > 5\%$

Al ser el TIR mayor que interés bancario, se puede decir que la inversión interesa más que si se dejase el dinero en un banco a ese interés

Plazo de recuperación (Payback)

En este caso la recuperación de la inversión no se produce en el período de tiempo considerado.

Relación Beneficio/Inversión

En este caso $B/In = 0,03€$

Cuanto mayor es la relación, más interesa la inversión. En este caso, el valor es bajo: se ganan 0,03 € por cada euro invertido.

8. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Considerando una vez más la inestabilidad que caracteriza al mercado del compost, se va a realizar un análisis de sensibilidad estudiando varios escenarios pesimistas y optimistas, en los que el precio de mercado del producto podría tomar diferentes valores superiores e inferiores al valor del precio de venta fijado.

- Escenario optimista 1: El precio del compost asciende un 10% (137,5 euros)

Tabla 4. Flujos de caja resultantes si el precio del compost ascendiera un 10%

Año	Inversión	Cobro ordinario	Cobro extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Flujo de caja	Flujo caja actualizado	Flujo acumulado
0	1668787,54					-1668787,5	-1668787,54	-1668787,54
1		515020		295885,33		219134,67	208699,69	-1460087,85
2		515020		295885,33		219134,67	198761,61	-1261326,25
3		515020		295885,33		219134,67	189296,77	-1072029,48
4		515020		295885,33		219134,67	180282,64	-891746,85
5		515020		295885,33		219134,67	171697,75	-720049,10
6		515020		295885,33		219134,67	163521,66	-556527,43
7		515020		295885,33		219134,67	155734,92	-400792,52
8		515020		295885,33		219134,67	148318,97	-252473,54
9		515020		295885,33		219134,67	141256,16	-111217,38
10		515020		295885,33		219134,67	134529,68	23312,30
11		515020		295885,33		219134,67	128123,50	151435,80
12		515020	21308,2	295885,33	106541	133901,87	74561,57	225997,37
13		515020		295885,33		219134,67	116211,79	342209,16
14		515020		295885,33		219134,67	110677,90	452887,06
15		515020		295885,33		219134,67	105407,52	558294,59
16		515020		295885,33		219134,67	100388,12	658682,70
17		515020		295885,33		219134,67	95607,73	754290,43
18		515020		295885,33		219134,67	91054,98	845345,42
19		515020		295885,33		219134,67	86719,03	932064,45
20		515020		295885,33		219134,67	82589,55	1014654,00
21		515020		295885,33		219134,67	78656,72	1093310,72
22		515020		295885,33		219134,67	74911,16	1168221,87
23		515020		295885,33		219134,67	71343,96	1239565,83
24		515020		295885,33		219134,67	67946,63	1307512,46
25		515020		295885,33		219134,67	64711,08	1372223,54

Valor Actual Neto (VAN)

En este caso $VAN = 1.372.223,54 > 0$

Al ser el valor del VAN mayor que cero se puede decir que el proyecto resulta viable desde el punto de vista financiero para el interés elegido (5%)

Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

En este caso $TIR = 12\% > 5\%$

Al ser el TIR mayor que interés bancario, se puede decir que la inversión interesa más que si se dejase el dinero en un banco a ese interés

Plazo de recuperación (Payback)

En este caso la recuperación de la inversión no se produce en el período de tiempo considerado.

Relación Beneficio/Inversión

En este caso $B/In = 0,04 \text{ €}$

Cuanto mayor es la relación, más interesa la inversión. En este caso, el valor es bajo: se ganan 0,04 € por cada euro invertido.

- Escenario optimista 2: El precio del compost asciende un 25% (156,25 euros)

Tabla 5. Flujos de caja resultantes si el precio del compost ascendiera un 25%

Año	Inversión	Cobro ordinario	Cobro extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Flujo de caja	Flujo caja actualizado	Flujo acumulado
0	1668787,54					-1668787,5	-1668787,54	-1668787,54
1		585250		295885,33		289364,67	275585,40	-1393202,14
2		585250		295885,33		289364,67	262462,29	-1130739,85
3		585250		295885,33		289364,67	249964,08	-880775,77
4		585250		295885,33		289364,67	238061,03	-642714,74
5		585250		295885,33		289364,67	226724,79	-415989,95
6		585250		295885,33		289364,67	215928,37	-200061,58
7		585250		295885,33		289364,67	205646,07	5584,49
8		585250		295885,33		289364,67	195853,40	201437,89
9		585250		295885,33		289364,67	186527,05	387964,93
10		585250		295885,33		289364,67	177644,81	565609,74
11		585250		295885,33		289364,67	169185,53	734795,27
12		585250	21308,2	295885,33	106541	204131,87	113668,26	848463,53
13		585250		295885,33		289364,67	153456,26	1001919,80
14		585250		295885,33		289364,67	146148,82	1148068,62
15		585250		295885,33		289364,67	139189,35	1287257,97
16		585250		295885,33		289364,67	132561,29	1419819,26
17		585250		295885,33		289364,67	126248,85	1546068,11
18		585250		295885,33		289364,67	120237,00	1666305,10
19		585250		295885,33		289364,67	114511,43	1780816,53
20		585250		295885,33		289364,67	109058,50	1889875,03
21		585250		295885,33		289364,67	103865,24	1993740,27
22		585250		295885,33		289364,67	98919,28	2092659,54
23		585250		295885,33		289364,67	94208,83	2186868,38
24		585250		295885,33		289364,67	89722,70	2276591,08
25		585250		295885,33		289364,67	85450,19	2362041,27

Valor Actual Neto (VAN)

En este caso $VAN = 2.362.041,27 > 0$

Al ser el valor del VAN mayor que cero se puede decir que el proyecto resulta viable desde el punto de vista financiero para el interés elegido (5%)

Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

En este caso $TIR = 17\% > 5\%$

Al ser el TIR mayor que interés bancario, se puede decir que la inversión interesa más que si se dejase el dinero en un banco a ese interés

Plazo de recuperación (Payback)

En este caso la recuperación de la inversión se produce en el año 19

Relación Beneficio/Inversión

En este caso $B/In = 0,05 \text{ €}$

Cuanto mayor es la relación, más interesa la inversión. En este caso, el valor es bajo: se ganan 0,05 € por cada euro invertido.

- Escenario pesimista 1: El precio del compost descende un 10% (112,5 euros)

Tabla 6. Flujos de caja resultantes si el precio del compost descendiera un 10%

Año	Inversión	Cobro ordinario	Cobro extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Flujo de caja	Flujo caja actualizado	Flujo acumulado
0	1668787,54					-1668787,5	-1668787,54	-1668787,54
1		421380		295885,33		125494,67	119518,73	-1549268,81
2		421380		295885,33		125494,67	113827,37	-1435441,44
3		421380		295885,33		125494,67	108407,01	-1327034,43
4		421380		295885,33		125494,67	103244,78	-1223789,65
5		421380		295885,33		125494,67	98328,36	-1125461,29
6		421380		295885,33		125494,67	93646,05	-1031815,24
7		421380		295885,33		125494,67	89186,72	-942628,52
8		421380		295885,33		125494,67	84939,73	-857688,79
9		421380		295885,33		125494,67	80894,98	-776793,80
10		421380		295885,33		125494,67	77042,84	-699750,96
11		421380		295885,33		125494,67	73374,13	-626376,83
12		421380	21308,2	295885,33	106541	40261,87	22419,32	-603957,51
13		421380		295885,33		125494,67	66552,50	-537405,01
14		421380		295885,33		125494,67	63383,34	-474021,67
15		421380		295885,33		125494,67	60365,08	-413656,59
16		421380		295885,33		125494,67	57490,55	-356166,04
17		421380		295885,33		125494,67	54752,91	-301413,13
18		421380		295885,33		125494,67	52145,63	-249267,50
19		421380		295885,33		125494,67	49662,50	-199605,00
20		421380		295885,33		125494,67	47297,62	-152307,38
21		421380		295885,33		125494,67	45045,35	-107262,02
22		421380		295885,33		125494,67	42900,34	-64361,69
23		421380		295885,33		125494,67	40857,46	-23504,22
24		421380		295885,33		125494,67	38911,87	15407,65
25		421380		295885,33		125494,67	37058,92	52466,57

Valor Actual Neto (VAN)

En este caso $VAN = 752.466,57 > 0$

Al ser el valor del VAN mayor que cero se puede decir que el proyecto resulta viable desde el punto de vista financiero para el interés elegido (5%)

Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

En este caso $TIR = 5\% > 5\%$

El TIR es igual que interés bancario, es decir, el proyecto es viable, pero generaría las mismas ganancias que si se dejase el dinero en un banco con ese interés

Plazo de recuperación (Payback)

En este caso la recuperación de la inversión no se produce en el período de tiempo considerado.

Relación Beneficio/Inversión

En este caso $B/In = 0,02€$

Cuanto mayor es la relación, más interesa la inversión. En este caso, el valor es bajo: se ganan 0,02 € por cada euro invertido.

- Escenario pesimista 2: El precio del compost descende un 25% (93,75 euros)

Tabla 6. Flujos de caja resultantes si el precio del compost descendiera un 25%

Año	Inversión	Cobro ordinario	Cobro extraordinario	Pago ordinario	Pago extraordinario	Flujo de caja	Flujo caja actualizado	Flujo acumulado
0	1668787,54					-1668787,5	-1668787,54	-1668787,54
1		351150		295885,33		55264,67	52633,02	-1616154,52
2		351150		295885,33		55264,67	50126,68	-1566027,84
3		351150		295885,33		55264,67	47739,70	-1518288,14
4		351150		295885,33		55264,67	45466,38	-1472821,76
5		351150		295885,33		55264,67	43301,32	-1429520,44
6		351150		295885,33		55264,67	41239,35	-1388281,09
7		351150		295885,33		55264,67	39275,57	-1349005,52
8		351150		295885,33		55264,67	37405,30	-1311600,22
9		351150		295885,33		55264,67	35624,10	-1275976,12
10		351150		295885,33		55264,67	33927,71	-1242048,41
11		351150		295885,33		55264,67	32312,11	-1209736,30
12		351150	21308,2	295885,33	106541	-29968,13	-16687,38	-1226423,68
13		351150		295885,33		55264,67	29308,03	-1197115,64
14		351150		295885,33		55264,67	27912,41	-1169203,23
15		351150		295885,33		55264,67	26583,25	-1142619,98
16		351150		295885,33		55264,67	25317,38	-1117302,59
17		351150		295885,33		55264,67	24111,79	-1093190,80
18		351150		295885,33		55264,67	22963,61	-1070227,19
19		351150		295885,33		55264,67	21870,11	-1048357,08
20		351150		295885,33		55264,67	20828,67	-1027528,41
21		351150		295885,33		55264,67	19836,83	-1007691,58
22		351150		295885,33		55264,67	18892,22	-988799,36
23		351150		295885,33		55264,67	17992,59	-970806,77
24		351150		295885,33		55264,67	17135,80	-953670,97
25		351150		295885,33		55264,67	16319,81	-937351,16

Valor Actual Neto (VAN)

En este caso $VAN = -93.351,16 < 0$

El VAN es menor que cero, es decir, el proyecto no resulta viable desde el punto de vista financiero para el interés elegido (5%).

Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

En este caso $TIR = -2\% < 5\%$

Al ser el TIR menor que cero, se puede decir ese proyecto no resultaría viable.

Plazo de recuperación (Payback)

En este caso la recuperación de la inversión no se produce en el período de tiempo considerado.

Relación Beneficio/Inversión

En este caso $B/In = 0,01$

En este caso, por cada euro invertido se estarían generando 0,01 €.

Para contrastar los resultados obtenidos en las diferentes supuestas situaciones planteadas, se va a analizar el comportamiento del TIR frente a las variaciones de precio (Gráfico 1).

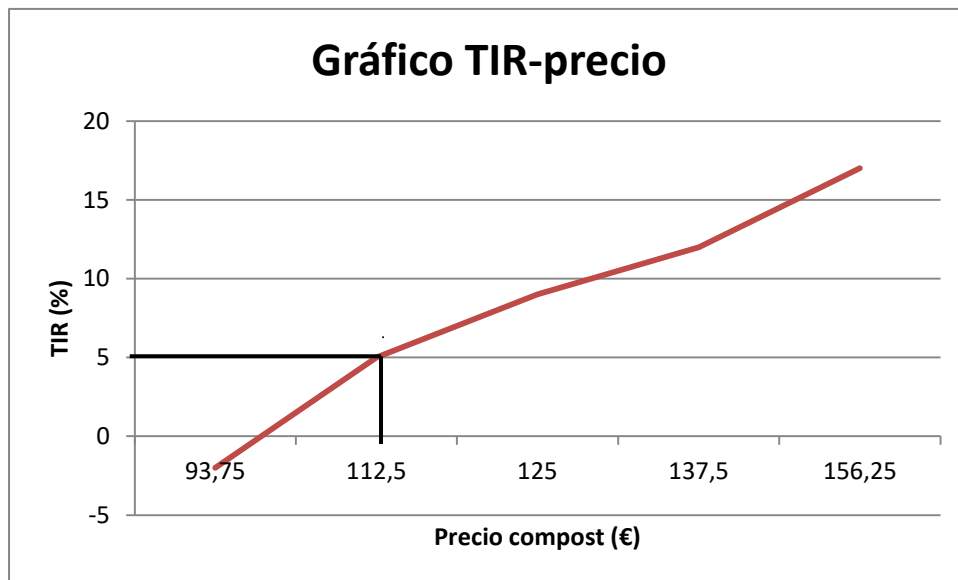


Gráfico 1. Evolución del TIR con respecto al precio del compost.

8.1. Conclusiones

El gráfico de la relación TIR-precio muestra, como era esperable, una clara tendencia al aumento de la rentabilidad a medida que aumenta el precio del compost.

Los valores que se encuentran por debajo de la tasa de interés considerada describen proyectos no viables. Esto no significa que no sean rentables, si no pero que no serían del todo interesantes para el promotor, ya que ganaría lo mismo dejando el dinero en un banco con ese interés que invirtiéndolo en el proyecto.

Por otro lado, los valores que presentan un TIR menor que cero, situación que se daría si el precio base que se ha fijado para el compost bajara un 25%, muestran proyectos que no serían rentables. El límite, establecido en el 5%, se produciría con una reducción del precio del compost del 10%, valor a partir del cual el proyecto comenzaría a ser viable (línea negra del gráfico)

En cuanto al VAN, su valor ha ido disminuyendo a medida que descendía el precio del compost, hasta el punto de alcanzar un valor negativo en el escenario más pesimista. En este caso, resulta una situación no viable, ya se estaría perdiendo dinero con el desarrollo del proyecto.

Por otro lado, en el escenario más optimista, se consigue recuperar la inversión inicial dentro del período fijado (año 19), aunque la relación beneficio/inversión no sea muy elevada (0,05 €).



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

PROYECTO - TRABAJO DE FIN DE GRADO

**PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL
(LA RIOJA)**

**ANEJO 15. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y
SALUD**

AUTOR: VIVIANA AMIGO BAZO
DIRECTOR: VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017

INDICE

1. MEMORIA.....	1
1.1. Objeto del estudio.....	1
1.2. Características de la obra.....	1
1.2.1. Descripción de la obra y situación.....	1
1.2.2. Problemática de la obra	1
1.2.3. Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra	1
1.2.4. Identificación de los autores del estudio de seguridad y salud	2
1.3. Trabajos previstos a la realización de la obra.....	2
1.4. Servicios higiénicos, vestuarios, comedor y oficina de obra	2
1.5. Identificación de riesgos y prevención de los mismos.....	4
2. PLIEGO DE CONDICIONES	10
2.1. Normativa de aplicación.....	10
2.2. Condiciones técnicas de los medios de protección.....	12
2.2.1. Protección personal.....	12
2.2.2. Protecciones colectivas	13
2.3. Condiciones técnicas de la maquinaria.....	13
2.4. Condiciones técnicas de los servicios de higiene y bienestar	13
2.5. Organización de la seguridad.....	15
2.5.1. Servicio de prevención.....	15
2.5.2. Seguros de responsabilidad civil y todo riesgo en obra.....	16
2.5.3. Formación.....	16
2.5.4. Reconocimientos médicos	16
2.6. Obligaciones de las partes implicadas	16
2.7. Normas para la certificación de elementos de seguridad.....	17
2.8. Plan de seguridad y salud.....	17
3. CARTELES INFORMATIVOS.....	19
3.1. Señales de prohibición.....	19

3.2. Señales de obligación.....	19
3.3. Advertencias de peligro	20
3.4. Evacuación y salvamiento	20
3.5. Indicativos extinción de incendios	21

1. MEMORIA

1.1. Objeto de este estudio.

Este Estudio de Seguridad y Salud establece, durante la ejecución de la obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos y accidentes profesionales, así como los servicios sanitarios comunes a los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices a empresa contratista para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales facilitando su desarrollo bajo el control del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, de acuerdo con el Real Decreto 1627 de 24 de Octubre de 1997 que establece las Disposiciones Mínimas en materia de seguridad y Salud.

1.2. Características de la obra.

1.2.1. Descripción de la obra y situación.

Los trabajos que se van a realizar consisten en la construcción de una empresa gestora de residuos orgánicos para su transformación en compost, situada en el sector S-2, en Autol.

1.2.2. Problemática de la obra

Características y situación de los servicios y servidumbres existentes.

Centro existente que consta de todos los servicios necesarios para la ejecución de los trabajos.

1.2.3. Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra.

El presupuesto total de ejecución por contrata 1.668.787,54€. asciende a la cantidad de UN MILLÓN SEISCIENTOS SESENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Plazo de Ejecución:

El plazo máximo de ejecución previsto, desde la iniciación hasta su terminación completa, es de 30 días.

Personal previsto:

Dadas las características de la obra, se prevee un número, en la misma, de 12 operarios.

1.2.4. Identificación de los autores del estudio de seguridad y salud.

El autor del Estudio de Seguridad y Salud es la Ingeniera Agrícola Viviana Amigo Bazo.

1.3. Trabajos previos a la realización de la obra.

Previo al inicio de las obras se deberá realizar una reunión del personal de la empresa para determinar el orden de la obra, de manera que afecte lo mínimo posible al funcionamiento habitual del centro.

Deberán mantenerse totalmente cerradas las zonas en las que se esté trabajando, evitando el acceso de personas ajenas.

Se deberá señalizar correctamente y en lugares visibles la prohibición de entrada a toda persona ajena a la obra.

1.4. Servicios higiénicos, vestuarios, comedor y oficina de obra.

Se dispondrá de una caseta con inodoros y lavabos. Los vestuarios serán de fácil acceso y únicamente se utilizarán para este fin.

Condiciones y elementos mínimos de que dispondrán:

- Se adoptarán las medidas necesarias para garantizar la conservación y limpieza.
- Superficie mínima de 2 m² para cada trabajador que tenga que utilizarlo, y una altura mínima de 2,3 metros.
- Asientos y armarios individuales, con llave, para guardar la ropa y el calzado.
- Un lavabo con agua corriente y jabón, para cada 10 personas; un espejo cada 25 personas, de dimensiones adecuadas, y toallas individuales o cualquier otro medio para secarse las manos, (aire, papel, etc...)

Las duchas dispondrán de agua fría y caliente y se instalará una cada 6 trabajadores. Estará aislada y cerrada con puerta con aldabilla interior. Se situará próxima al vestidor, y si no comunica, dispondrán de colgadores. Los WC tendrán descarga automática de agua, papel higiénico y puerta con cierre interior, y se instalará uno cada 6 trabajadores. No podrán comunicar directamente con comedores, cocinas y vestidores.

Los lavabos y urinarios se instalarán y conservarán en las adecuadas condiciones de desinfección, desodorización y supresión de pudores.

Las duchas, lavabos y los vestuarios estarán fácilmente comunicados, y estarán separados para hombres y mujeres, o se preverá una utilización por separado de los mismos.

Los comedores serán locales dotados con mesas, bancos y medios para calentar comida. Se dispondrá un recipiente con tapa para facilitar la recogida y retirada de los desperdicios y basura que se generen durante las comidas del personal en la obra.

Es muy importante que se efectúe diariamente una limpieza y un mantenimiento diario de las instalaciones.

También será necesario instalar un botiquín de obra que como mínimo contendrá: 1 frasco de agua oxigenada, 1 frasco de alcohol 96°, 1 frasco de yodo, 1 frasco de mercurocromo, 1 frasco de amoníaco, 1 caja conteniendo gasa estéril (linitul, apósitos y similares), 1 caja conteniendo algodón hidrófilo estéril, 1 rollo de esparadrapo, 1 torniquete, 1 bolsa para agua y gel, 1 bolsa conteniendo guantes esterilizados, 1 termómetro clínico, 1 caja de apósitos autoadhesivos, antiespasmódicos, analgésicos, tónicos cardíacos de urgencia. El botiquín se revisará mensualmente y se repondrá inmediatamente el material consumido.

1.5. Identificación de riesgos y prevención de los mismos.

1.5.1 Movimientos de tierras		
<i>Riesgos más frecuentes</i>	<i>Medidas Preventivas</i>	<i>Protecciones Individuales</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Caídas de operarios al mismo nivel • Caídas de operarios al interior de la excavación • Caídas de objetos sobre operarios • Caídas de materiales transportados • Choques o golpes contra objetos • Atrapamientos y aplastamientos por partes móviles de • Lesiones y/o cortes en manos y pies • Sobreesfuerzos • Ruido, contaminación acústica • Vibraciones • Ambiente pulvígeno • Cuerpos extraños en los ojos • Contactos eléctricos directos e indirectos • Ambientes pobres en oxígeno • Inhalación de sustancias tóxicas • Ruinas, hundimientos, desplomes en edificios • Condiciones meteorológicas adversas • Trabajos en zonas húmedas o mojadas • Problemas de circulación interna de vehículos y • Desplomes, desprendimientos, hundimientos del • Contagios por lugares insalubres • Explosiones e incendios • Derivados acceso al lugar de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Talud natural del terreno • Entibaciones • Limpieza de bolos y viseras • Apuntalamientos, apeos. • Achique de aguas. • Barandillas en borde de excavación. • Tableros o planchas en huecos • Separación tránsito de vehículos y • No permanecer en radio de acción • Avisadores ópticos y acústicos en • Protección partes móviles maquinaria • Cabinas o pórticos de seguridad. • No acopiar materiales junto borde • Conservación adecuada vías de • Vigilancia edificios colindantes. • No permanecer bajo frente excavación • Distancia de seguridad líneas 	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad • Botas o calzado de • Botas de seguridad • Guantes de lona y piel • Guantes impermeables • Gafas de seguridad • Protectores auditivos • Cinturón de seguridad • Cinturón antivibratorio • Ropa de Trabajo • Traje de agua

1.5.2 Cimentación y Estructuras		
<i>Riesgos más frecuentes</i>	<i>Medidas Preventivas</i>	<i>Protecciones Individuales</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Caídas de operarios al mismo nivel • Caídas de operarios a distinto nivel. • Caída de operarios al vacío. • Caída de objetos sobre operarios. • Caídas de materiales transportados. • Choques o golpes contra objetos. • Atrapamientos y aplastamientos. • Atropellos, colisiones, alcances y vuelcos de • Lesiones y/o cortes en manos y pies • Sobreesfuerzos • Ruidos, contaminación acústica • Vibraciones • Ambiente pulvígeno • Cuerpos extraños en los ojos • Dermatitis por contacto de hormigón. • Contactos eléctricos directos e indirectos. • Inhalación de vapores. • Rotura, hundimiento, caídas de encofrados y de • Condiciones meteorológicas adversas. • Trabajos en zonas húmedas o mojadas. • Desplomes, desprendimientos, hundimientos del • Contagios por lugares insalubres. • Explosiones e incendios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Marquesinas rígidas. • Barandillas. • Pasos o pasarelas. • Redes verticales. • Redes horizontales. • Andamios de seguridad. • Mallazos. • Tableros o planchas en huecos horizontales. • Escaleras auxiliares adecuadas. • Escalera de acceso peldañeada y protegida. • Carcasas resguardos de protección de partes móviles de • Mantenimiento adecuado de la maquinaria. • Cabinas o pórticos de seguridad. • Iluminación natural o artificial adecuada. • Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito. • Distancia de seguridad a las líneas eléctricas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad. • Botas o calzado de • Guantes de lona y piel. • Guantes impermeables. • Gafas de seguridad. • Protectores auditivos. • Cinturón de seguridad. • Cinturón antivibratorio. • Ropa de trabajo. • Traje de agua

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 15. Estudio de Seguridad y Salud

1.5.3 Cubiertas planas, inclinadas, materiales ligeros

<i>Riesgos más frecuentes</i>	<i>Medidas Preventivas</i>	<i>Protecciones Individuales</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Caídas de operarios al mismo nivel • Caídas de operarios a distinto nivel. • Caída de operarios al vacío. • Caída de objetos sobre operarios. • Caídas de materiales transportados. • Choques o golpes contra objetos. • Atrapamientos y aplastamientos. • Lesiones y/o cortes en manos y pies • Sobreesfuerzos • Ruidos, contaminación acústica • Vibraciones • Ambiente pulvígeno • Cuerpos extraños en los ojos • Dermatitis por contacto de cemento y cal. • Contactos eléctricos directos e indirectos. • Condiciones meteorológicas adversas. • Trabajos en zonas húmedas o mojadas • Derivados de medios auxiliares usados • Quemaduras en impermeabilizaciones. • Derivados del acceso al lugar de trabajo. • Derivados de almacenamiento inadecuado de productos combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Marquesinas rígidas. • Barandillas. • Pasos o pasarelas. • Redes verticales. • Redes horizontales. • Andamios de seguridad. • Mallazos. • Tableros o planchas en huecos horizontales. • Escaleras auxiliares adecuadas. • Escalera de acceso peldañeada y protegida. • Carcasas resguardos de protección de partes móviles de • Plataformas de descarga de material. • Evacuación de escombros. • Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito. • Habilitar caminos de circulación. • Andamios adecuados 	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad. • Botas o calzado de seguridad. • Guantes de lona y piel. • Guantes impermeables. • Gafas de seguridad. • Mascarillas con filtro mecánico • Protectores auditivos. • Cinturón de seguridad. • Botas, polainas, mandiles y guantes de cuero para impermeabilización. • Ropa de trabajo.

1.5.4 Albañilería y Cerramientos.		
<i>Riesgos más frecuentes</i>	<i>Medidas Preventivas</i>	<i>Protecciones Individuales</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Caídas de operarios al mismo nivel • Caídas de operarios a distinto nivel. • Caída de operarios al vacío. • Caída de objetos sobre operarios. • Caídas de materiales transportados. • Choques o golpes contra objetos. • Atrapamientos, aplastamientos en medios de elevación • Lesiones y/o cortes en manos. • Lesiones y/o cortes en pies. • Sobreesfuerzos • Ruidos, contaminación acústica • Vibraciones • Ambiente pulvígeno • Cuerpos extraños en los ojos • Dermatitis por contacto de cemento y cal. • Contactos eléctricos directos. • Contactos eléctricos indirectos. • Derivados medios auxiliares usados • Derivados del acceso al lugar de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Marquesinas rígidas. • Barandillas. • Pasos o pasarelas. • Redes verticales. • Redes horizontales. • Andamios de seguridad. • Mallazos. • Tableros o planchas en huecos horizontales. • Escaleras auxiliares adecuadas. • Escalera de acceso peldañeada y protegida. • Carcasas resguardos de protección de partes móviles de • Mantenimiento adecuado de la maquinaria • Plataformas de descarga de material. • Evacuación de escombros. • Iluminación natural o artificial adecuada • Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito. • Andamios adecuados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad. • Botas o calzado de • Guantes de lona y piel. • Guantes impermeables. • Gafas de seguridad. • Mascarillas con filtro • Protectores auditivos. • Cinturón de seguridad. • Ropa de trabajo

1.5.5 Terminaciones (alicatados, enfoscados, enlucidos, falsos techos, solados, pinturas, carpintería, cerrajería, vidriería).		
<i>Riesgos más frecuentes</i>	<i>Medidas Preventivas</i>	<i>Protecciones Individuales</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Caídas de operarios al mismo nivel • Caídas de operarios a distinto nivel. • Caída de operarios al vacío. • Caídas de objetos sobre operarios • Caídas de materiales transportados • Choques o golpes contra objetos • Atrapamientos y aplastamientos • Atropellos, colisiones, alcances, vuelcos de • Lesiones y/o cortes en manos • Lesiones y/o cortes en pies • Sobreesfuerzos • Ruido, contaminación acústica • Vibraciones • Ambiente pulvígeno • Cuerpos extraños en los ojos • Dermatitis por contacto cemento y cal. • Contactos eléctricos directos • Contactos eléctricos indirectos • Ambientes pobres en oxígeno • Inhalación de vapores y gases 	<ul style="list-style-type: none"> • Marquesinas rígidas. • Barandillas. • Pasos o pasarelas. • Redes verticales. • Redes horizontales. • Andamios de seguridad. • Mallazos. • Tableros o planchas en huecos horizontales. • Escaleras auxiliares adecuadas. • Escalera de acceso peldañeada y protegida. • Carcasas o resguardos de protección de partes móviles de • Mantenimiento adecuado de la maquinaria • Plataformas de descarga de material. • Evacuación de escombros. • Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito. • Andamios adecuados 	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad • Botas o calzado de seguridad • Botas de seguridad • Guantes de lona y piel • Guantes impermeables • Gafas de seguridad • Protectores auditivos • Cinturón de seguridad • Ropa de trabajo • Pantalla de soldador

1.5.6 Instalaciones (electricidad, fontanería, gas, aire acondicionado, calefacción, antenas, pararrayos).		
<i>Riesgos más frecuentes</i>	<i>Medidas Preventivas</i>	<i>Protecciones Individuales</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Caídas de operarios al mismo nivel • Caídas de operarios a distinto nivel. • Caída de operarios al vacío. • Caídas de objetos sobre operarios • Choques o golpes contra objetos • Atrapamientos y aplastamientos • Lesiones y/o cortes en manos • Lesiones y/o cortes en pies • Sobreesfuerzos • Ruido, contaminación acústica • Cuerpos extraños en los ojos • Afecciones en la piel • Contactos eléctricos directos • Contactos eléctricos indirectos • Ambientes pobres en oxígeno • Inhalación de vapores y gases • Trabajos en zonas húmedas o mojadas • Explosiones e incendios • Derivados de medios auxiliares usados • Radiaciones y derivados de soldadura • Quemaduras • Derivados del acceso al lugar de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Marquesinas rígidas. • Barandillas. • Pasos o pasarelas. • Redes verticales. • Redes horizontales. • Andamios de seguridad. • Mallazos. • Tableros o planchas en huecos horizontales. • Escaleras auxiliares adecuadas. • Escalera de acceso peldañeada y protegida. • Carcasas o resguardos de protección de partes móviles de • Mantenimiento adecuado de la maquinaria • Plataformas de descarga de material. • Evacuación de escombros. • Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito. • Andamios adecuados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad • Botas o calzado de seguridad • Botas de seguridad • Guantes de lona y piel • Guantes impermeables • Gafas de seguridad • Protectores auditivos • Cinturón de seguridad • Ropa de trabajo • Pantalla de soldador

2. PLIEGO DE CONDICIONES

2.1 Normativa de aplicación

GENERALES:

- Ley 31/1.995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Título II (Capítulos de I a XII): Condiciones Generales de los centros de trabajo y de los mecanismos y medidas de protección de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (O.M. de 9 de marzo de 1.971)
- Capítulo XVI: Seguridad e Higiene; secciones 1ª, 2ª y 3ª de la Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica. (O.M. de 28 de agosto de 1.970)
- Real Decreto 1627/97 de 24 de octubre de 1997 por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y de Salud en las Obras de Construcción.
- Ordenanzas Municipales

SEÑALIZACIONES:

- R.D. 485/97, de 14 de abril. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL:

- R.D. 1.407/1.992 modificado por R.D. 159/1.995, sobre condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual-EPI.
- R.D. 773/1.997 de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por trabajadores de equipos de protección individual.

EQUIPOS DE TRABAJO:

- R.D. 1215/1.997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

SEGURIDAD EN MÁQUINAS:

- R.D. 1.435/1.992 modificado por R.D. 56/1.995, dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- R.D. 1.495/1.986, modificación R.D. 830/1.991, aprueba el Reglamento de Seguridad en las máquinas.
- Orden de 23/05/1.977 modificada por Orden de 7/03/1.981. Reglamento de aparatos elevadores para obras.

PROTECCIÓN ACÚSTICA:

- R.D. 1.316/1.989, del Mº de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno. 27/10/1.989. Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- R.D. 245/1.989, del Mº de Industria y Energía. 27/02/1.989. Determinación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obra.
- Orden del Mº de Industria y Energía. 17/11/1.989. Modificación del R.D. 245/1.989, 27/02/1.989.
- Orden del Mº de Industria, Comercio y Turismo. 18/07/1.991. Modificación del Anexo I del Real Decreto 245/1.989, 27/02/1.989.
- R.D. 71/1.992, del Mº de Industria, 31/01/1.992. Se amplía el ámbito de aplicación del Real Decreto 245/1.989, 27/02/1.989, y se establecen nuevas especificaciones técnicas de determinados materiales y maquinaria de obra.
- Orden del Mº de Industria y Energía. 29/03/1.996. Modificación del Anexo I del Real Decreto 245/1.989.

OTRAS DISPOSICIONES DE APLICACIÓN:

- R.D. 487/1.997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Reglamento electrotécnico de baja Tensión e Instrucciones Complementarias.
- Orden de 20/09/1.986: Modelo de libro de Incidencias correspondiente a las obras en que sea obligatorio un Estudio de Seguridad y Salud en el trabajo.
- Orden de 6/05/1.988: Requisitos y datos de las comunicaciones de apertura previa o reanudación de actividades de empresas y centros de trabajo.

2.2. Condiciones técnicas de los medios de protección.

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva, tendrán fijado un periodo de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente), será desechado y repuesto al momento.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en sí mismo.

2.2.1. Protección personal.

Todo elemento de protección personal dispondrá de marca CE siempre que exista en el mercado.

En aquellos casos en que no exista la citada marca CE, serán de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

El encargado del Servicio de Prevención dispondrá en cada uno de los trabajos en obra la utilización de las prendas de protección adecuadas.

El personal de obra deberá ser instruido sobre la utilización de cada una de las prendas de protección individual que se le proporcionen. En el caso concreto del cinturón de seguridad, será preceptivo que el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de obra proporcione al operario el punto de anclaje o en su defecto las instrucciones concretas para la instalación previa del mismo.

2.2.2. Protecciones colectivas.

No procede por tratarse una obra de escasa complicación y realizada únicamente en planta baja.

2.3. Condiciones técnicas de la maquinaria.

Las máquinas con ubicación fija en obra, tales como grúas, torre y hormigonera serán las instaladas por el personal competente y debidamente autorizado.

El mantenimiento y la reparación de estas máquinas quedará, asimismo, a cargo de tal personal, el cual seguirá siempre las instrucciones señaladas por el fabricante de las máquinas.

Las operaciones de instalación y mantenimiento deberán registrarse documentalmente en los libros de registro pertinentes de cada máquina. De no existir estos libros para aquellas máquinas utilizadas con anterioridad en otras obras, antes de su utilización, deberán ser revisadas con profundidad por el personal competente, asignándoles el mencionado libro de registro de incidencias.

Las máquinas con ubicación variable, tales como circular, vibrador, soldadura, etc. deberán ser revisadas por personal experto antes de su uso en obra, quedando a cargo del Servicio de Prevención la realización del mantenimiento de las máquinas según las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

El personal encargado del uso de las máquinas empleadas en obra deberá estar debidamente autorizado para ello, proporcionándosele las instrucciones concretas de uso.

2.4. Condiciones técnicas de los servicios de higiene y bienestar.

Ya se ha mencionado en la Memoria del presente Estudio, que el centro en el que se van a llevar a

cabo las obras consta de todos los servicios de higiene que los operarios pudieran utilizar.

BOTIQUINES:

Se dispondrá de un cartel claramente visible en el que se indiquen todos los teléfonos de urgencia de los centros hospitalarios más próximos; médicos, ambulancias, bomberos, policía, etc.

El botiquín que se va a utilizar en obra será el existente en el centro, ya que cuenta éste con sala de curas.

2.5. Organización de la seguridad.

2.5.1. Servicio de prevención.

El empresario deberá nombrar a la persona encargada de prevención en la obra dando cumplimiento a lo señalado en el artículo 30 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores y su distribución en la misma.

Los servicios de prevención deberán estar en condiciones de proporcionar a la empresa el asesoramiento y apoyo que precise en función de los tipos de riesgo en ella existentes y en lo referente a:

- a) El diseño, aplicación y coordinación de los planes y programas de actuación preventiva.
- b) La evaluación de los factores de riesgo que puedan afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores en los términos previstos en el artículo 16 de esta Ley.
- c) La determinación de las prioridades en la adopción de las medidas preventivas adecuadas y la vigilancia de su eficacia.
- d) La información y formación de los trabajadores.
- e) La prestación de los primeros auxilios y planes de emergencia.
- f) La vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos derivados del trabajo.

El servicio de prevención tendrá carácter interdisciplinario, debiendo sus medios ser apropiados para cumplir sus funciones. Para ello, la formación, especialidad, capacitación, dedicación y número de componentes de estos servicios así como sus recursos técnicos, deberán ser suficientes y adecuados a las actividades preventivas a desarrollar, en función de las siguientes circunstancias:

- Tamaño de la empresa
- Tipos de riesgo que puedan encontrarse expuestos los trabajadores Distribución de

riesgos en la empresa

2.5.2. Seguros de responsabilidad civil y todo riesgo en obra.

El contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia; imputables al mismo o a las personas de las que debe responder. Se entiende que esta responsabilidad civil debe quedar ampliada al campo de la responsabilidad civil patronal.

El contratista viene obligado a la contratación de un Seguro, en la modalidad de todo riesgo a la construcción, durante el plazo de ejecución de la obra con ampliación a un periodo de mantenimiento de un año, contado a partir de la fecha de terminación definitiva de la obra.

2.5.3. Formación.

Todo el personal que realice su cometido en las fases de cimentación, estructura y albañilería en general, deberá realizar un curso de Seguridad y Salud en la Construcción, en el que se les indicarán las normas generales sobre Seguridad y Salud que en la ejecución de esta obra se van a adoptar.

Esta formación deberá ser impartida por los Jefes de Servicios Técnicos o mandos intermedios, recomendándose su complementación por instituciones tales como los Gabinetes de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Mutua de Accidentes, etc.

Por parte de la Dirección de la empresa en colaboración con el Coordinador de Seguridad y Salud en ejecución de obra, se velará para que el personal sea instruido sobre las normas particulares que para la ejecución de cada tarea o para la utilización de cada máquina, sean requeridas.

2.5.4. Reconocimientos médicos.

Al ingresar en la empresa constructora todo trabajador deberá ser sometido a la práctica de un reconocimiento médico, el cual se repetirá con periodicidad máxima de un año.

2.6. Obligaciones de las partes implicadas.

DE LA PROPIEDAD:

La propiedad, viene obligada a incluir el presente Estudio de Seguridad y Salud, como documento

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 15. Estudio de Seguridad y Salud

adjunto del Proyecto de Obra.

Igualmente, abonará a la Empresa Constructora, previa certificación del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de obra, las partidas incluidas en el Presupuesto del Estudio de Seguridad y Salud.

DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA:

El Contratista viene obligado a cumplir las directrices contenidas en este estudio de Seguridad y Salud, a través de un Plan de Seguridad coherente con el anterior y con los sistemas de ejecución que vaya a emplear.

El Plan de Seguridad y Salud, contará con la aprobación del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de obra, y será previo al comienzo de la obra.

Por último, el Contratista cumplirá las estipulaciones preventivas del Estudio y el Plan de Seguridad y Salud, respondiendo de los daños que se deriven de la infracción del mismo por su parte o de los posibles subcontratistas y empleados.

DEL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

Al Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de obra le corresponderá el control y supervisión de la ejecución del Plan/es de Seguridad y Salud, autorizando previamente cualquier modificación de éste y dejando constancia escrita en el Libro de Incidencias.

Periódicamente, según lo pactado, se realizarán las pertinentes certificaciones del Presupuesto de Seguridad, poniendo en conocimiento de la Propiedad y de los organismos competentes, el incumplimiento, por parte del Contratista, de las medidas de Seguridad contenidas en el Estudio de Seguridad y Salud.

2.7. Normas para la certificación de elementos de seguridad.

En cada certificación de obra se abonará la parte proporcional del presupuesto de Seguridad y Salud.

2.8. Plan de seguridad y salud.

PLANTA DE COMPOSTAJE EN AUTOL (LA RIOJA)

Anejo 15. Estudio de Seguridad y Salud

El Contratista está obligado a redactar un Plan de Seguridad y Salud, adaptando este Estudio a sus medios y métodos de ejecución.

Este Plan de Seguridad y Salud deberá contar con la aprobación expresa del Coordinador de seguridad y salud en ejecución de la obra, a quien se presentará antes de la iniciación de los trabajos.

Una copia del Plan deberá entregarse al Servicio de Prevención y Empresas subcontratistas.

3. CARTELES INFORMATIVOS

3.1. Señales de prohibición:



Prohibido fumar



Prohibido fumar
y encender fuego



Prohibido pasar
a los peatones



Prohibido apagar
con agua



Entrada prohibida
a personas
no autorizadas



Agua no potable



Prohibido a los vehículos
de manutención



No tocar

3.2. Señales de obligación:



Protección obligatoria
de la vista



Protección obligatoria
de la cabeza



Protección obligatoria
del oído



Protección obligatoria
para las vías respiratorias



Protección obligatoria
de los pies



Protección obligatoria
de las manos



Protección obligatoria
del cuerpo



Protección obligatoria
de la cara



Protección individual
obligatoria
contra caídas



Vía obligatoria
para peatones



Obligación general
(acompañada, si
procede, de una
señal adicional)

3.3. Advertencias de peligro:



3.4. Evacuación y salvamento:



Dirección que debe seguirse
(señal indicativa adicional
a las siguientes)



Primeros auxilios

Camilla

Ducha de seguridad

Lavado de los ojos



3.5. Indicativos extinción de incendios:



Manguera
para incendios



Escalera
de mano



Extintor



Teléfono para la lucha
contra incendios



Dirección que debe seguirse
(señal indicativa adicional a las anteriores)